

## MODELLO IDROGEOLOGICO

### APPENDICE G DEL SIA

#### IMPIANTO SMALL SCALE LNG PLANT

Colle Santo gas field

OK	01	31/03/2024	EMISSIONE PER ENTI	Geoservizi srl	Engea Consulting srl	ITF Cosmep
-	00	-	EMISSIONE PER ENTI	Geoservizi srl	Engea Consulting srl	ITF Cosmep
Status	Rev. n.	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato

## INDICE

1.	PREMESSA .....	3
2.	DESCRIZIONE DELLA METODICA UTILIZZATA .....	6
2.1	PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE .....	6
2.2	STRATIGRAFIE DEI POZZI PETROLIFERI E INDAGINI GEOGNOSTICHE SITOSPECIFICHE .....	9
2.3	INDAGINI GEOFISICHE REALIZZATE AD HOC .....	16
2.4	RILEVAMENTO IDROGEOLOGICO EX-NOVO .....	27
2.5	MISURE PIEZOMETRICHE .....	28
3.	IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO .....	30
3.1.	COMPLESSI IDROGEOLOGICI INDIVIDUATI .....	30
3.1.1.	Complesso argilloso-marnoso (CAM) .....	30
3.1.2.	Complesso argilloso, calcareo e marnoso (CAC) .....	30
3.1.3.	Complesso calcareo e calcareo-marnoso (CCM) .....	31
3.1.4.	Complesso dei depositi di copertura (CDC) .....	31
3.1.5.	Complesso dei depositi alluvionali (CDA) .....	31
3.2.	DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO .....	32
4.	IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO .....	40
5.	VULNERABILITÀ ACQUIFERO .....	44
5.1.	METODO SINTACS .....	44
5.1.1.	Parametri per l'analisi di vulnerabilità SINTACS .....	47
5.1.2.	Risultati .....	61
6.	INTERAZIONE TRA L'AREA "CAMPO POZZI MONTE PALLANO" E GLI ACQUIFERI PROFONDI .....	66
7.	CONCLUSIONI .....	72
	Normativa di riferimento .....	76
	Bibliografia .....	76
	ALLEGATO G1 - Carta idrogeologica e sezioni idrogeologiche .....	78
	ALLEGATO G2 - Carta di Vulnerabilità .....	79
	ALLEGATO G3 - Indagini geofisiche .....	80

## 1. PREMESSA

L'impianto Small Scale LNG di proprietà della Società LNEnergy sarà realizzato nella Regione Abruzzo, in provincia di Chieti, nel territorio del comune di Bomba.

Le aree interessate dal progetto ricadono all'interno di un contesto territoriale caratterizzato da criticità di natura geologica, geomorfologica e sismica.

Per tale motivo lo Studio di Impatto Ambientale viene corredato da una serie di studi di approfondimento relativi a (Figura 1-1):

- **Monitoraggio interferometrico**
- **Esecuzione indagini sismiche e relazione geofisica**
- **Rilevamento geologico e geomorfologico**
- **Valutazione delle strutture sismogenetiche**
- **Predisposizione modello idrogeologico**
- **Valutazione della suscettività alla franosità sismo-indotta**

e, per quanto concerne la subsidenza:

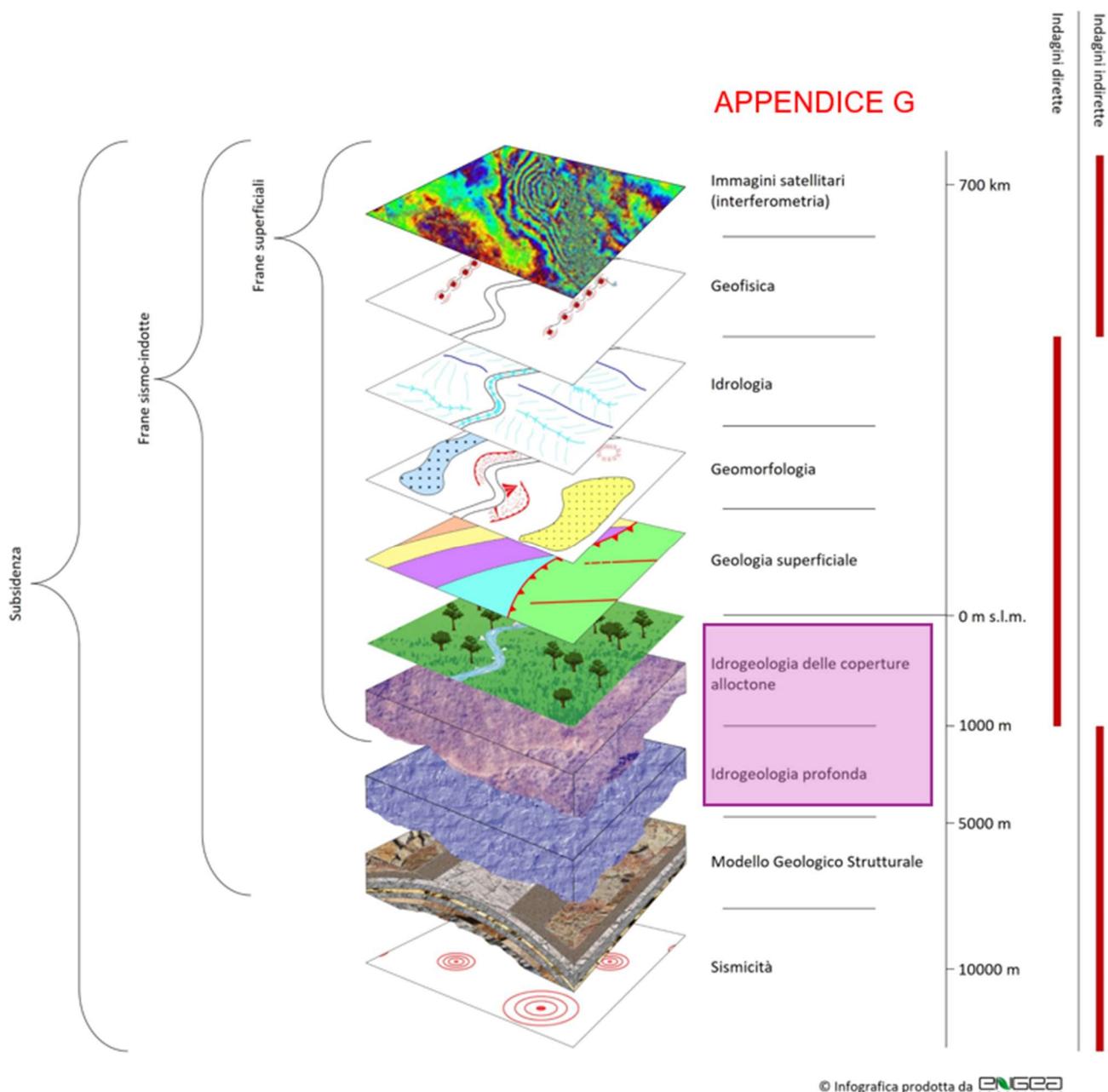
- **Modello dinamico-Modello numerico 3D** del giacimento per simularne il comportamento dinamico e valutare l'influenza della produzione a scala regionale; la simulazione della produzione di gas sarà realizzata definendo vari scenari e realizzando anche un'analisi di sensitività
- **Modello geomeccanico** (Stima subsidenza)
- **Analisi di stabilità delle faglie**

L'approccio adottato e condiviso con gli enti di riferimento sin alle prime fasi di scoping si è basato dunque sull'utilizzo delle criticità fin qui emerse come base di partenza per impostare il nuovo SIA: gli elementi evidenziati da enti e portatori di interesse saranno approfonditi e chiariti partendo da dati aggiornati e reali, da nuova modellistica e da nuove indagini condotte nell'area di progetto.

Le attività previste sono consistite in:

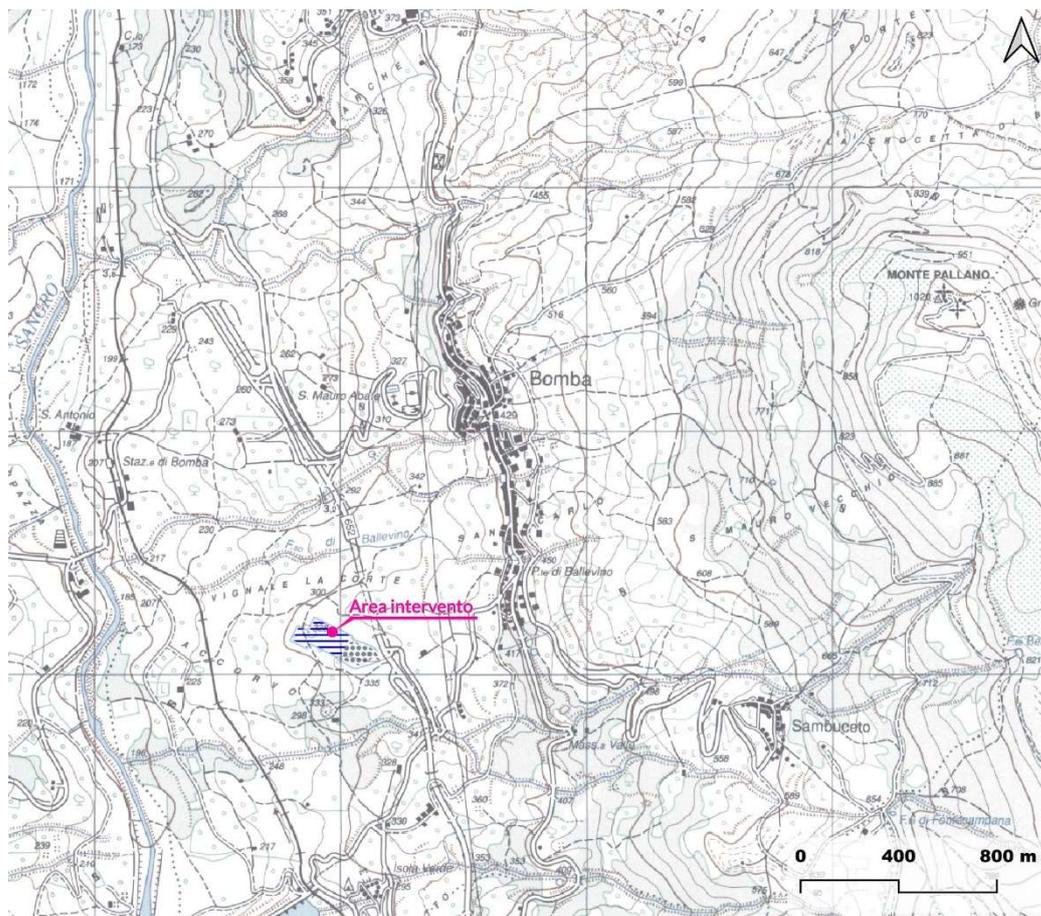
- Rilievi di campo multiscalarari (rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico);
- Esecuzione indagini di approfondimento (indagini geofisiche, analisi interferometriche, prove di carattere idrogeologico);
- Raccolta di dati bibliografici da fonti ufficiali e verifica modello regionale applicabile al contesto geologico in studio;
- Realizzazione di nuovi modelli (per le caratteristiche idrogeologiche delle coperture e profonde, per il giacimento, per la valutazione della suscettività alla franosità sismo-indotta e per la subsidenza);
- Esecuzione attività di monitoraggio.

La presente Appendice approfondirà gli aspetti inerenti la predisposizione del **modello idrogeologico** realizzato dalla società Geoservizi s.r.l..



**FIGURA 1-1: APPROFONDIMENTI TECNICO-SCIENTIFICI A CORREDO DELLO SIA**

L'approfondimento idrogeologico descritto nella presente Appendice ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche idrogeologiche dell'area di studio di specifico interesse in relazione all'intervento in progetto. Particolare attenzione è stata posta alla ricostruzione dello schema di deflusso idrico sotterraneo relativo all'area della dorsale di Monte Pallano e, dunque, all'area in cui ricade il progetto dell'impianto Small Scale LNG, riportata nella figura successiva (Figura 1-2), nell'ambito del Comune di Bomba (CH, Regione Abruzzo).



**FIGURA 1-2: INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO SUL VERSANTE OCCIDENTALE DI MONTE PALLANO IMMEDIATAMENTE A VALLE DELL'ABITATO DI BOMBA, SU BASE CARTOGRAFICA I.G.M.I. 1:25.000**

Si descrivono nei capitoli successivi:

- La metodica di studio applicata e la base di dati utilizzata per l'elaborazione del modello idrogeologico dell'area di studio;
- Le principali caratteristiche idrogeologiche dell'area di studio;
- I caratteri idrogeologici peculiari dell'area di progetto;
- La vulnerabilità dell'acquifero con particolare riguardo alle attività di progetto previste per la realizzazione dell'impianto Small Scale LNG;
- Le interazioni tra l'area "Campo Pozzi Monte Pallano" e gli acquiferi profondi.

## 2. DESCRIZIONE DELLA METODICA UTILIZZATA

La ricostruzione del modello idrogeologico dell'area di studio di Monte Pallano è stata effettuata integrando i dati ottenuti dai rilievi di campo con tutte le informazioni ricavate dalle fonti bibliografiche e dalle indagini di sito disponibili e appositamente realizzate per il presente studio.

Di seguito si descrivono le varie fasi che hanno condotto alla comprensione del modello idrogeologico e le informazioni utilizzate.

Le analisi sono state basate, in particolare, su:

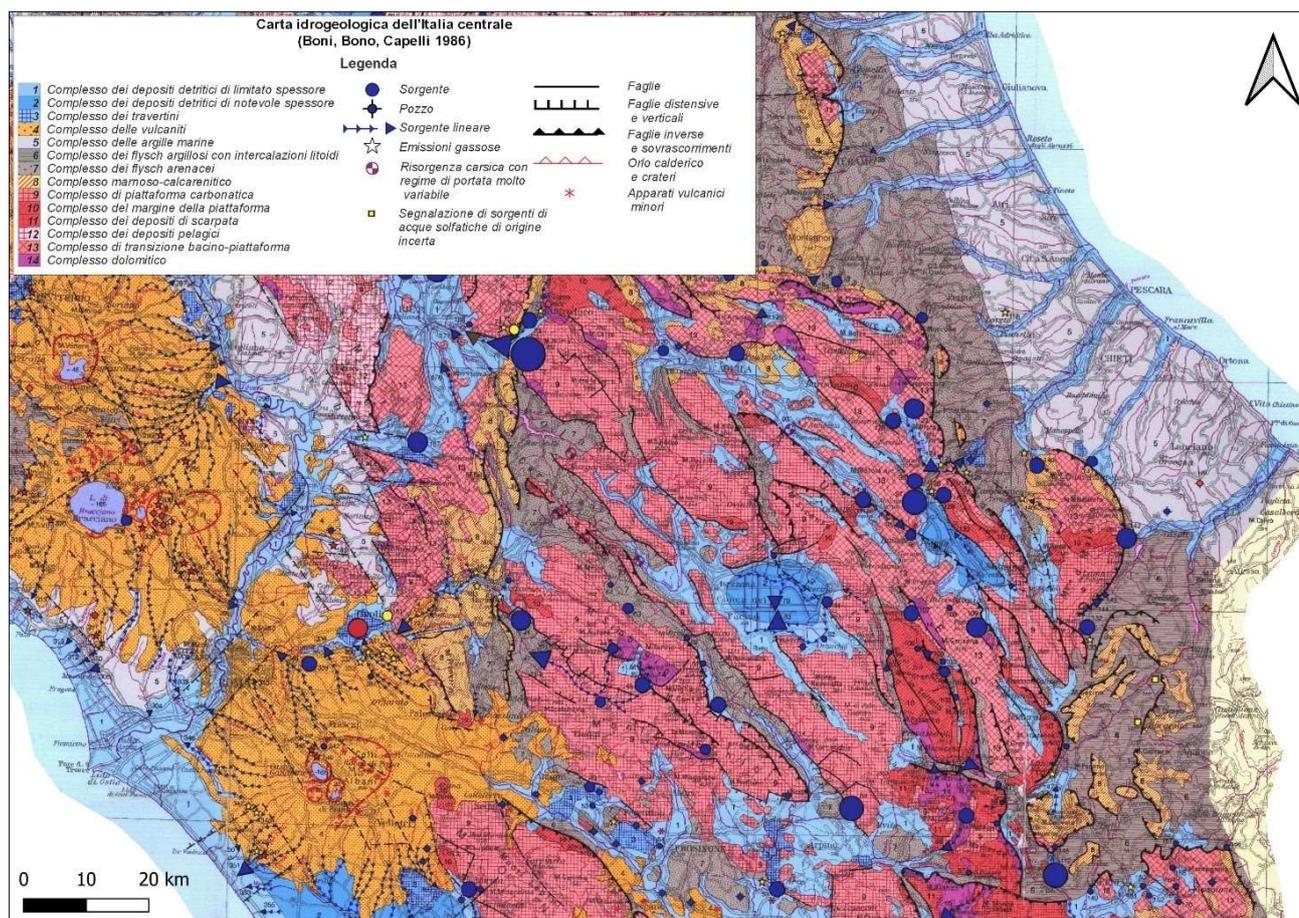
- Fonti bibliografiche esistenti e informazioni geologico-strutturali disponibili,
- Informazioni idrogeologiche presenti nella letteratura scientifica riguardante l'area;
- Stratigrafie dei pozzi petroliferi e indagini geognostiche sito-specifiche;
- Indagini geofisiche realizzate ad hoc;
- Rilevamento idrogeologico ex-novo delle aree interessate dal progetto e di quelle interessate dai complessi idrogeologici oggetto di studio;
- Misure piezometriche.

Gli studi appositamente condotti hanno permesso di definire alcune differenze con le cartografie esistenti legate sia ad una diversa interpretazione dei dati derivanti dalle indagini geognostiche e dai dati di pozzo e sia alla differente scala di lavoro che ha permesso di analizzare con maggior dettaglio il contesto idrogeologico, anche grazie ad una campagna di rilevamento sul terreno.

L'unione dei dati di campo con le risultanze delle indagini geognostiche e dei pozzi petroliferi e con le informazioni riportate in letteratura ha così permesso di distinguere nell'area di studio cinque complessi idrogeologici e di definire uno schema di deflusso idrico sotterraneo. I complessi, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza, sono stati rappresentati nella carta idrogeologica e nelle sezioni idrogeologiche riportate nell'Allegato "G1 - Carta idrogeologica e sezioni idrogeologiche".

### 2.1 PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE

Tra le fonti bibliografiche, lo "Schema idrogeologico dell'Italia centrale-Carta idrogeologica" di Boni et alii (1987), in cui risultano caratterizzati i complessi idrogeologici presenti in un'ampia fascia di territorio compreso tra i Mari Tirreno ed Adriatico, ha consentito di pervenire ad una prima comprensione di scala vasta dell'assetto idrogeologico dell'Appennino centrale (Figura 2-1).



**FIGURA 2-1: STRALCIO DELLO “SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL’ITALIA CENTRALE-CARTA IDROGEOLOGICA” (BONI ET ALII, 1986), IN SCALA 1: 500.000**

Un maggiore dettaglio di conoscenza è stato raggiunto attraverso lo “Schema idrogeologico dell’Italia centro adriatica” (Nanni et alii, 2011) (Figura 2-2 e Figura 2-3).

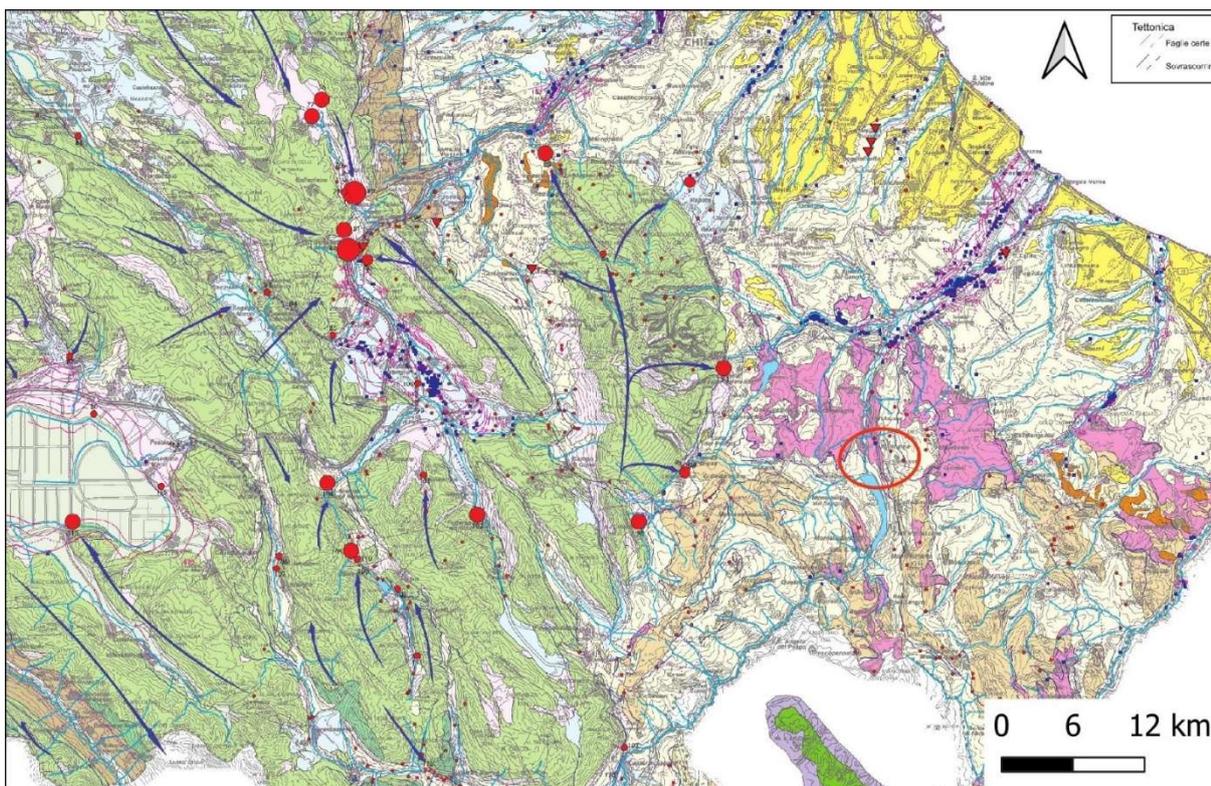


FIGURA 2-2: STRALCIO DELLO "SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA CENTRO ADRIATICA" (NANNI ET ALII, 2011), IN SCALA 1:250.000, CON INDICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO (ELLISSE ROSSO)

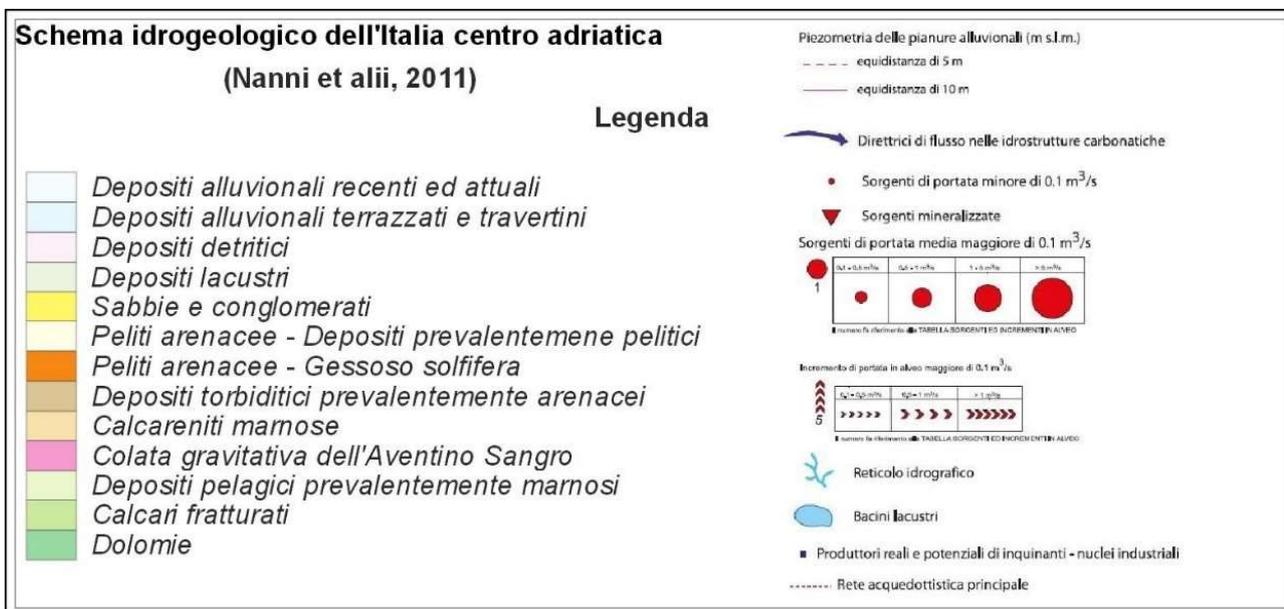


FIGURA 2-3: LEGENDA DELLO "SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA CENTRO ADRIATICA" (NANNI ET ALII, 2011). STESSO ORDINE DELLA LEGENDA DESCRITTA NELLE PRESENTI NOTE

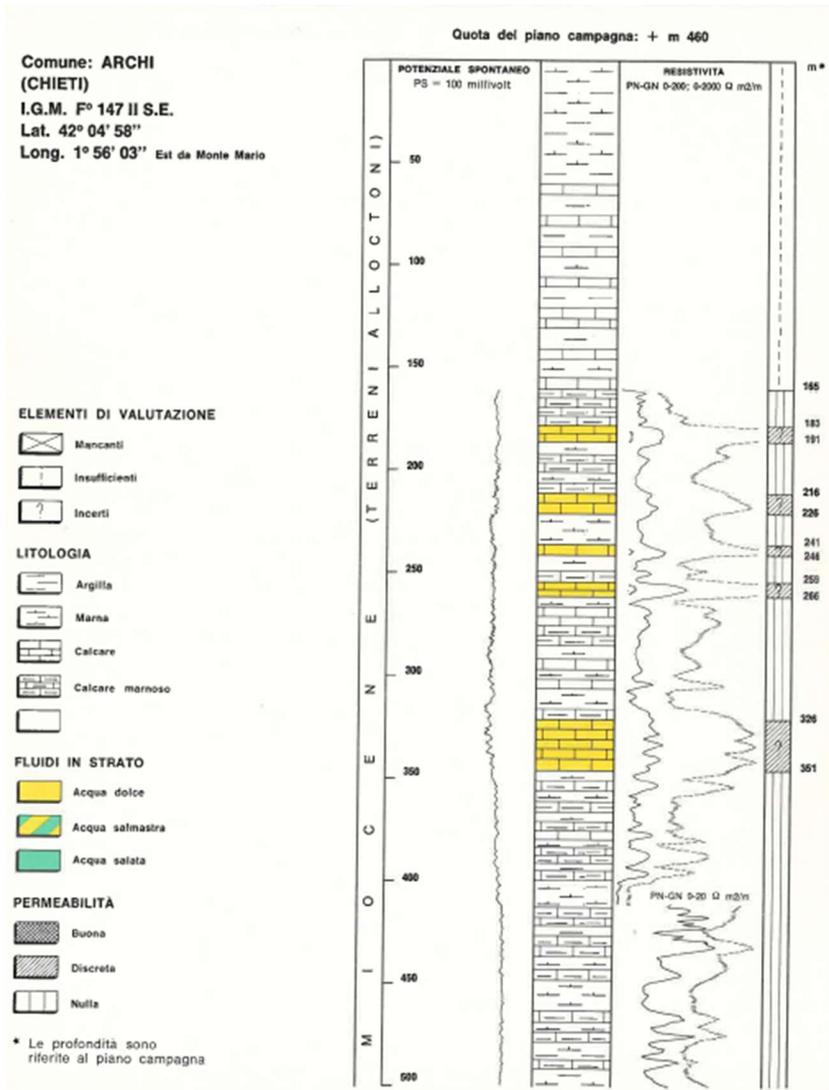
La ricerca e l'analisi di ulteriori studi presenti in bibliografia ha permesso di approfondire le conoscenze circa alcuni specifici settori o idrostrutture ricadenti nell'Abruzzo orientale (Nanni & Rusi 2003; Donzelli, 1998; Vezzani & Ghisetti, 1998; Catenacci, 1974; Desiderio et alii, 2007), nonché di acquisire importanti informazioni riguardanti le caratteristiche delle sorgenti dell'area (Regione Abruzzo - Servizio Acque e Demanio idrico 2010; Cartografia I.G.M.I. 1:25000; Relazione Illustrativa della Microzonazione sismica del Comune di Bomba; Elenco delle Sorgenti Italiane del Servizio idrografico del 1964).

## 2.2 STRATIGRAFIE DEI POZZI PETROLIFERI E INDAGINI GEOGNOSTICHE SITOSPECIFICHE

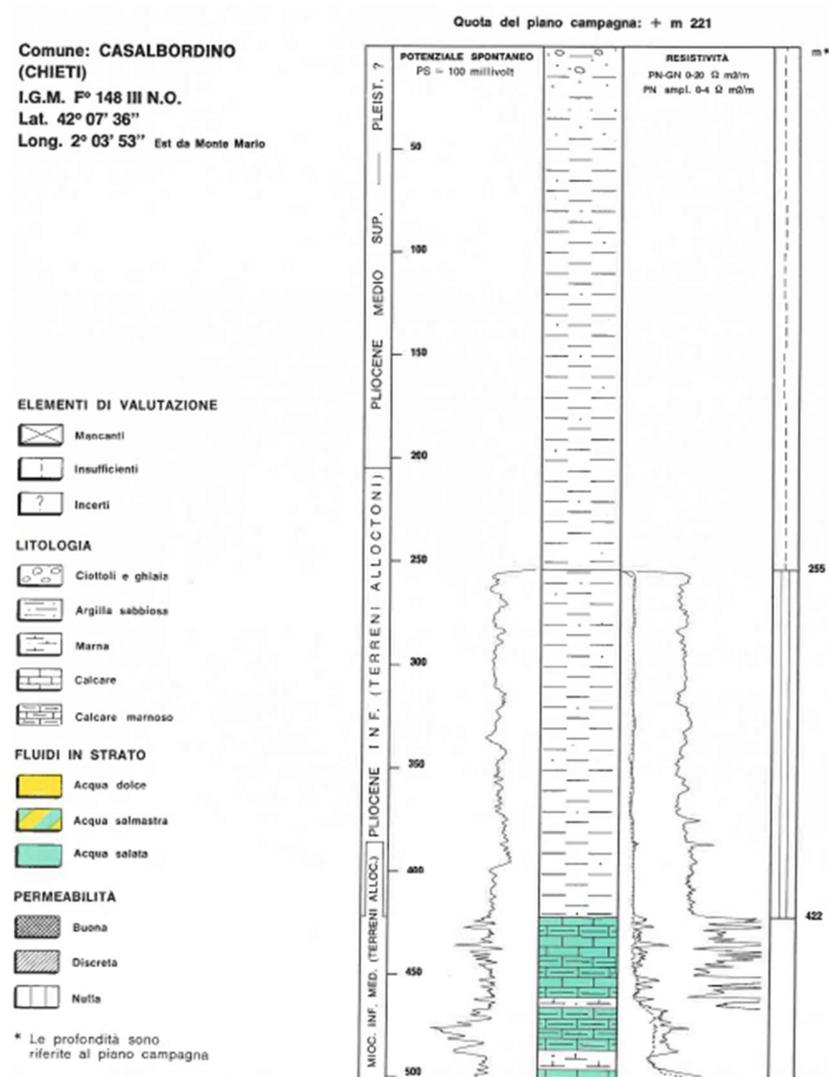
A supporto degli studi bibliografici, sono stati consultati i dati derivanti dalle indagini geognostiche e dai pozzi petroliferi. In primo luogo, i log stratigrafici dei pozzi petroliferi contenuti nell'atlante "Acque dolci sotterranee. Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca di idrocarburi in Italia" (Ente nazionale idrocarburi, 1972) hanno costituito un importante dato per la ricostruzione del modello geologico strutturale e delle sezioni geologiche prodotte per l'area di Monte Pallano (Figura 2-4). I dati di pozzo, infatti, hanno fornito importanti indicazioni riguardanti tipologia di litotipi, stato degli ammassi e contenuto di fluidi e hanno poi fatto da base di partenza per le sezioni idrogeologiche.

Invece, le risultanze delle indagini geognostiche disponibili o appositamente realizzate (Estate 2008, Ottobre 2008, 2023 e 2024), tutte ubicate internamente o in prossimità dell'area di progetto (area pozzi, area impianto, area di cantiere, viabilità di accesso), hanno permesso di definire sia lo spessore che la tipologia delle coperture.

POZZO ARCHI 1 (1959)



POZZO PAGLIETA 1 (1960)



### POZZO CASOLI 7 (1957)

Comune: CASOLI  
(CHIETI)  
I.G.M. F° 147 II N.O.  
Lat. 42° 09' 09"  
Long. 1° 46' 19" Est da Monte Mario

Quota del piano campagna: + m 520

**ELEMENTI DI VALUTAZIONE**

- Mancanti
- Insufficienti
- Incerti

**LITOLOGIA**

- Ciottoli e ghiaia
- Argilla
- Marna
- Gesso
- Calccare
- Calccare organogeno
- Calccare brecciato

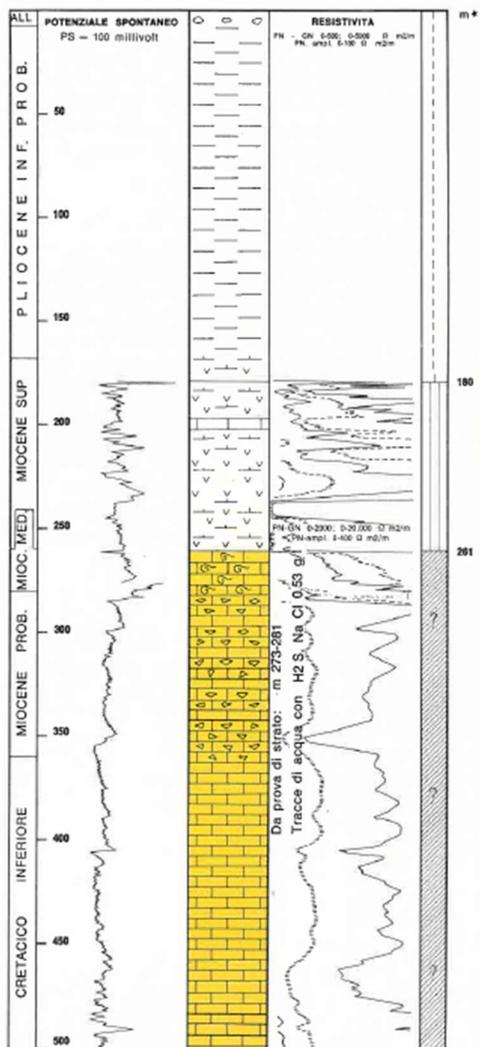
**FLUIDI IN STRATO**

- Acqua dolce
- Acqua salmastra
- Acqua salata

**PERMEABILITÀ**

- Buona
- Discreta
- Nulla

\* Le profondità sono riferite al piano campagna



### POZZO CUPELLO 1 (1959)

Comune: CUPELLO  
(CHIETI)  
I.G.M. F° 148 III S.E.  
Lat. 42° 03' 50"  
Long. 2° 12' 46",5 Est da Monte Mario

Quota del piano campagna: + m 285

**ELEMENTI DI VALUTAZIONE**

- Mancanti
- Insufficienti
- Incerti

**LITOLOGIA**

- Ciottoli e ghiaia
- Sabbia
- Argilla
- Argilla sabbiosa

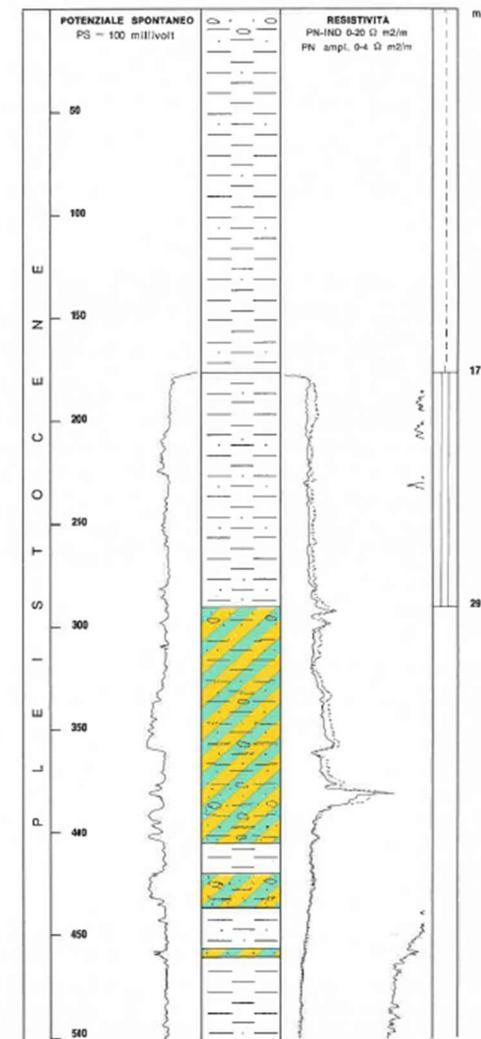
**FLUIDI IN STRATO**

- Acqua dolce
- Acqua salmastra
- Acqua salata

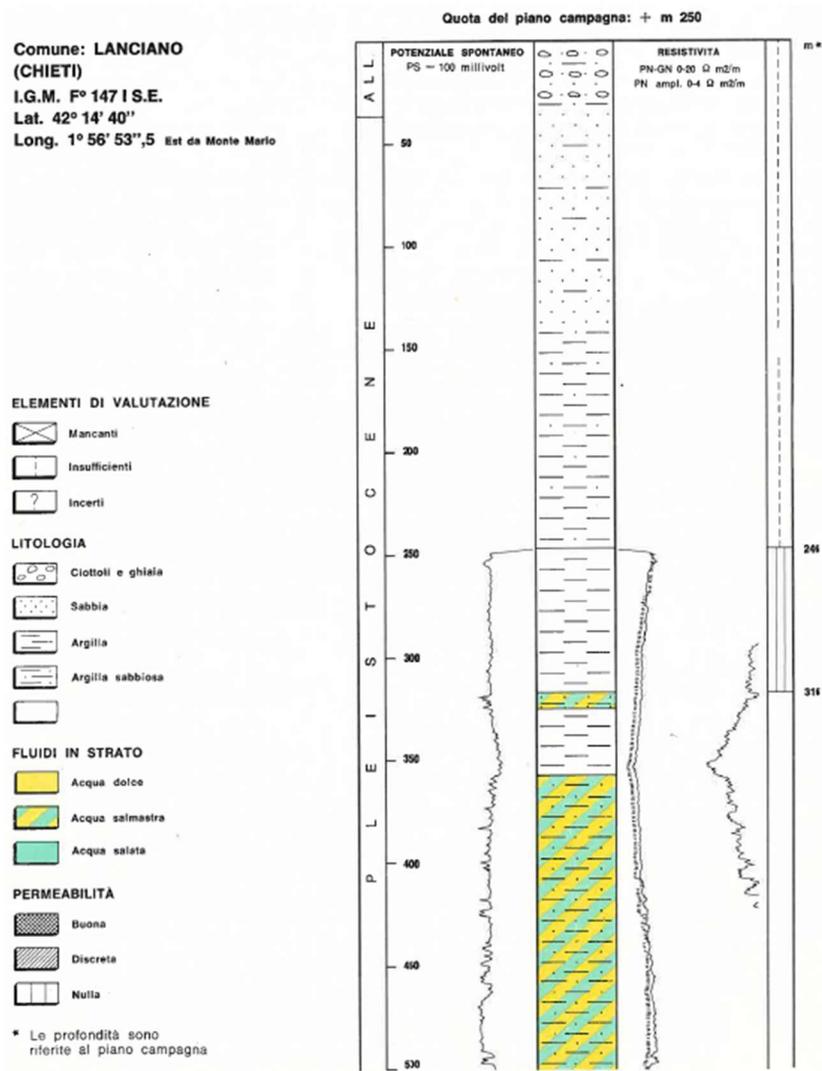
**PERMEABILITÀ**

- Buona
- Discreta
- Nulla

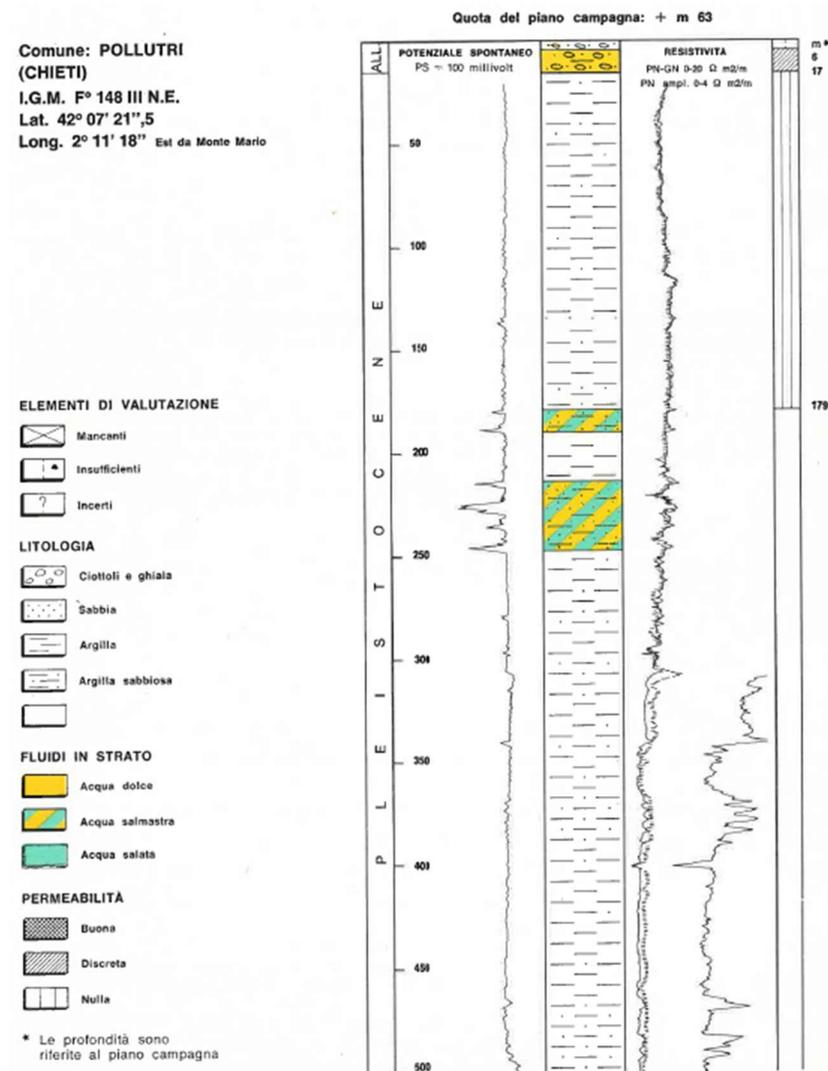
\* Le profondità sono riferite al piano campagna



### POZZO LANCIANO 1 (1960)



### POZZO CASALBORDINO 1 (1955)



### POZZO MESSER MARINO 1 (1970)

### POZZO S. SALVO 1 (1957)

Quota del piano campagna: + m 63

Comune: POLLUTRI  
(CHIETI)  
I.G.M. F° 148 III N.E.  
Lat. 42° 07' 21" S  
Long. 2° 11' 18" Est da Monte Mario

ELEMENTI DI VALUTAZIONE

-  Mancanti
-  Insufficienti
-  Incerti

LITOLOGIA

-  Ciottoli e ghiaia
-  Sabbia
-  Argilla
-  Argilla sabbiosa
- 

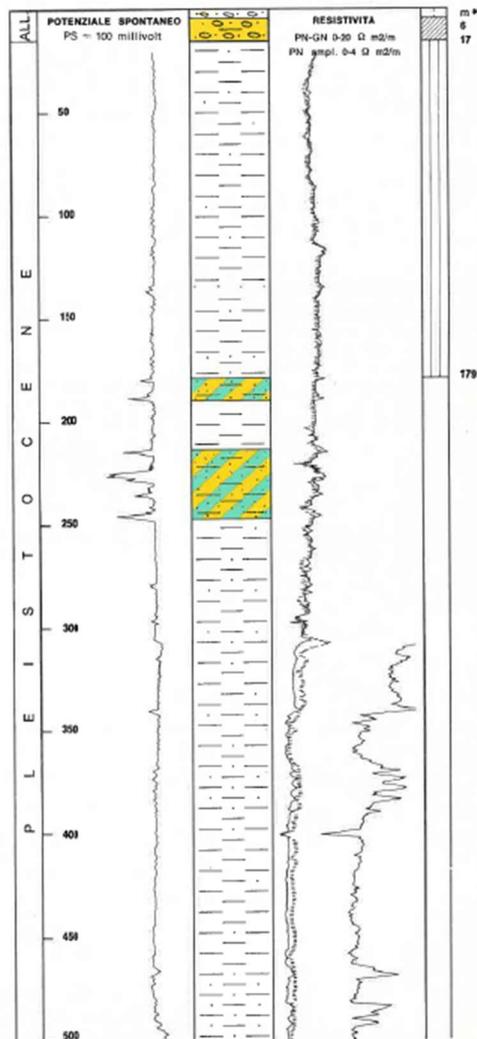
FLUIDI IN STRATO

-  Acqua dolce
-  Acqua salmastra
-  Acqua salata

PERMEABILITÀ

-  Buona
-  Discreta
-  Nulla

\* Le profondità sono riferite al piano campagna



POZZO S. MARIA 1 (1963)

Quota del piano campagna: + m 27

Comune: S. SALVO  
(CHIETI)  
I.G.M. F° 148 II S.O.  
Lat. 42° 00' 57" S  
Long. 2° 18' 08" Est da Monte Mario

ELEMENTI DI VALUTAZIONE

-  Mancanti
-  Insufficienti
-  Incerti

LITOLOGIA

-  Ciottoli e ghiaia
-  Sabbia
-  Argilla
-  Argilla sabbiosa
- 

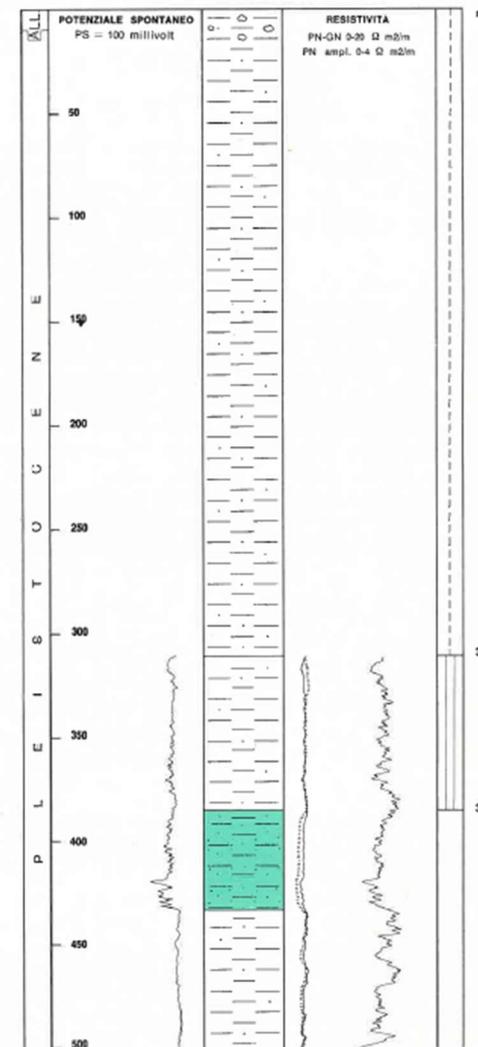
FLUIDI IN STRATO

-  Acqua dolce
-  Acqua salmastra
-  Acqua salata

PERMEABILITÀ

-  Buona
-  Discreta
-  Nulla

\* Le profondità sono riferite al piano campagna



POZZO S. VITO CHIETINO 1 (1963)

Comune: S. MARIA IMBARO  
(CHIETI)  
I.G.M. F° 148 IV S.O.  
Lat. 42° 12' 52",5  
Long. 2° 00' 16",5 Est da Monte Mario

Quota del piano campagna: + m 135

ELEMENTI DI VALUTAZIONE

- Mancanti
- Insufficienti
- Incerti

LITOLOGIA

- Ciottoli e ghiaia
- Sabbie
- Argilla
- Argilla sabbiosa
- 

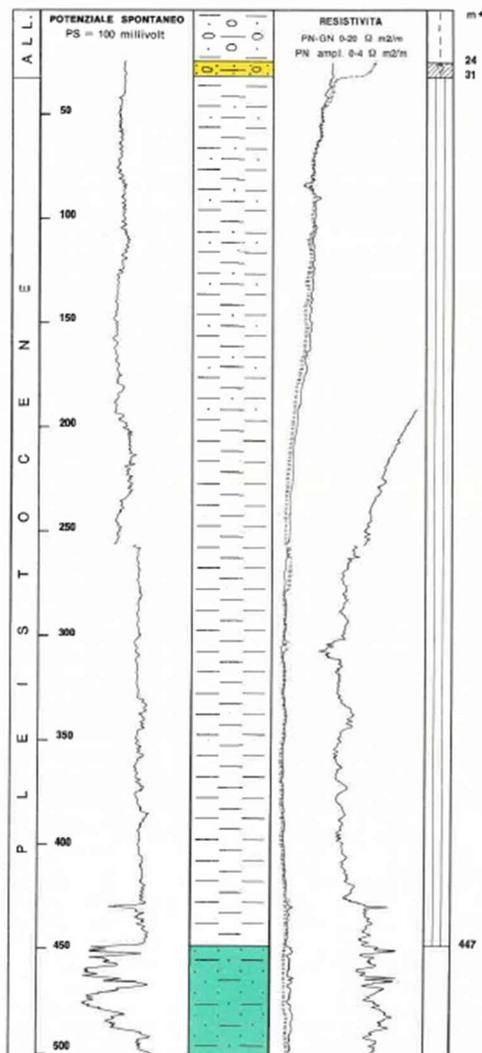
FLUIDI IN STRATO

- Acqua dolce
- Acqua salmastra
- Acqua salata

PERMEABILITÀ

- Buona
- Discreta
- Nulla

\* Le profondità sono riferite al piano campagna



Comune: S. VITO CHIETINO  
(CHIETI)  
I.G.M. F° 148 IV N.O.  
Lat. 42° 17' 47",5  
Long. 2° 00' 17",5 Est da Monte Mario

Quota del piano campagna: + m 122

ELEMENTI DI VALUTAZIONE

- Mancanti
- Insufficienti
- Incerti

LITOLOGIA

- Ciottoli e ghiaia
- Sabbie
- Argilla
- Argilla sabbiosa
- 

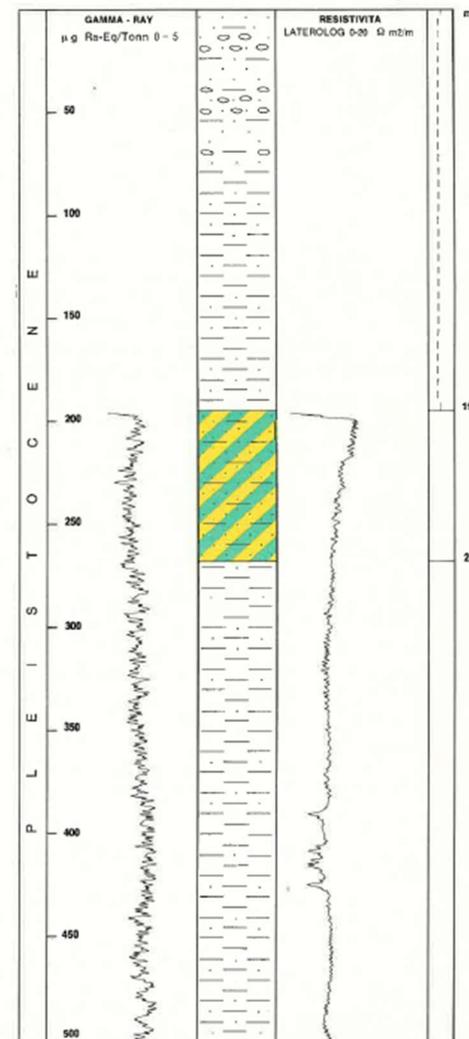
FLUIDI IN STRATO

- Acqua dolce
- Acqua salmastra
- Acqua salata

PERMEABILITÀ

- Buona
- Discreta
- Nulla

\* Le profondità sono riferite al piano campagna



### POZZO VILLALFONSINA (1958)

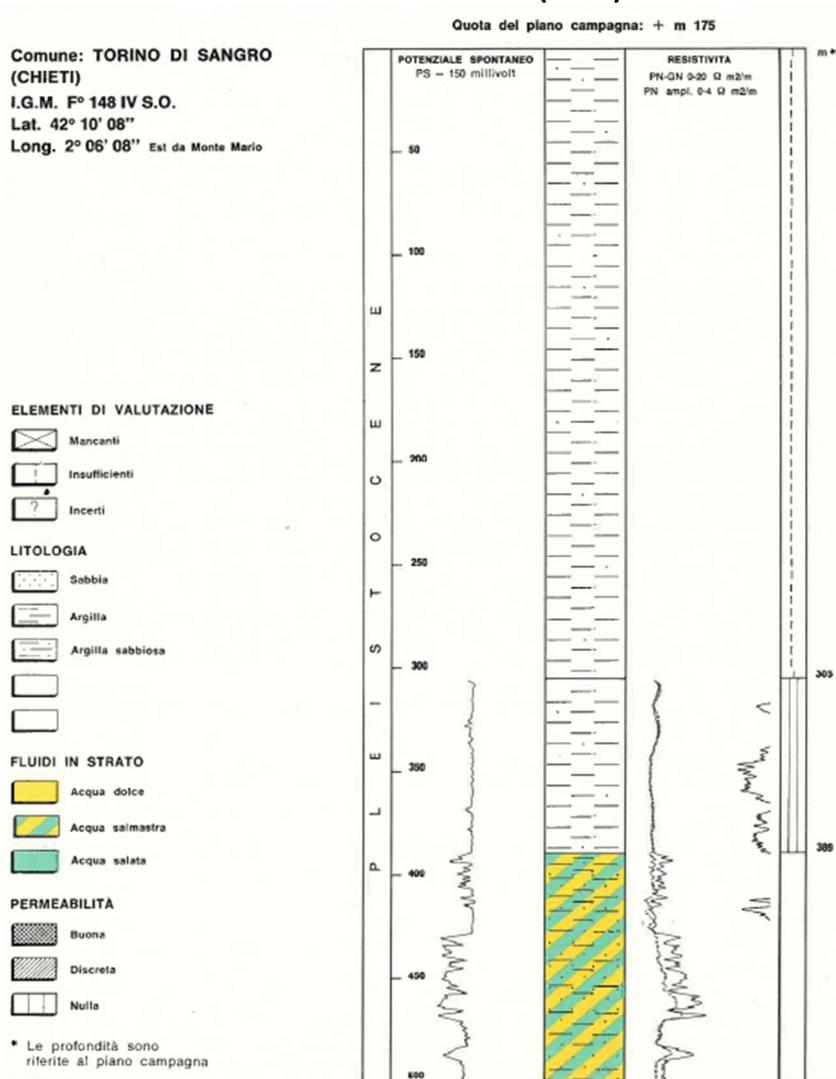


FIGURA 2-4: STRATIGRAFIE DI POZZI PETROLIFERI PROSSIMI E INTERNI ALL'AREA DI STUDIO ESTRATTI DA "ACQUE DOLCI SOTTERRANEE. INVENTARIO DEI DATI RACCOLTI DALL'AGIP DURANTE LA RICERCA DI IDROCARBURI IN ITALIA" (ENTE NAZIONALE IDROCARBURI, 1972)

## 2.3 INDAGINI GEOFISICHE REALIZZATE AD HOC

Nell'area interessata dal progetto per la realizzazione dell'impianto Small Scale LNG Colle Santo e nel contesto territoriale limitrofo sono state realizzate dalla società GGM srl indagini sismiche di tipo:

- geoelettrica tomografica 2D (E.R.T.),
- sismica a riflessione 2D (S.R.),
- sismica M.A.S.W. 2D (MW).

In particolare, le attività si sono concretizzate nella esecuzione di (Figura 2-5):

- **n. 6 stendimenti di tomografia di resistività elettrica 2D (E.R.T.)** e per la caratterizzazione elettro-stratigrafica del terreno;

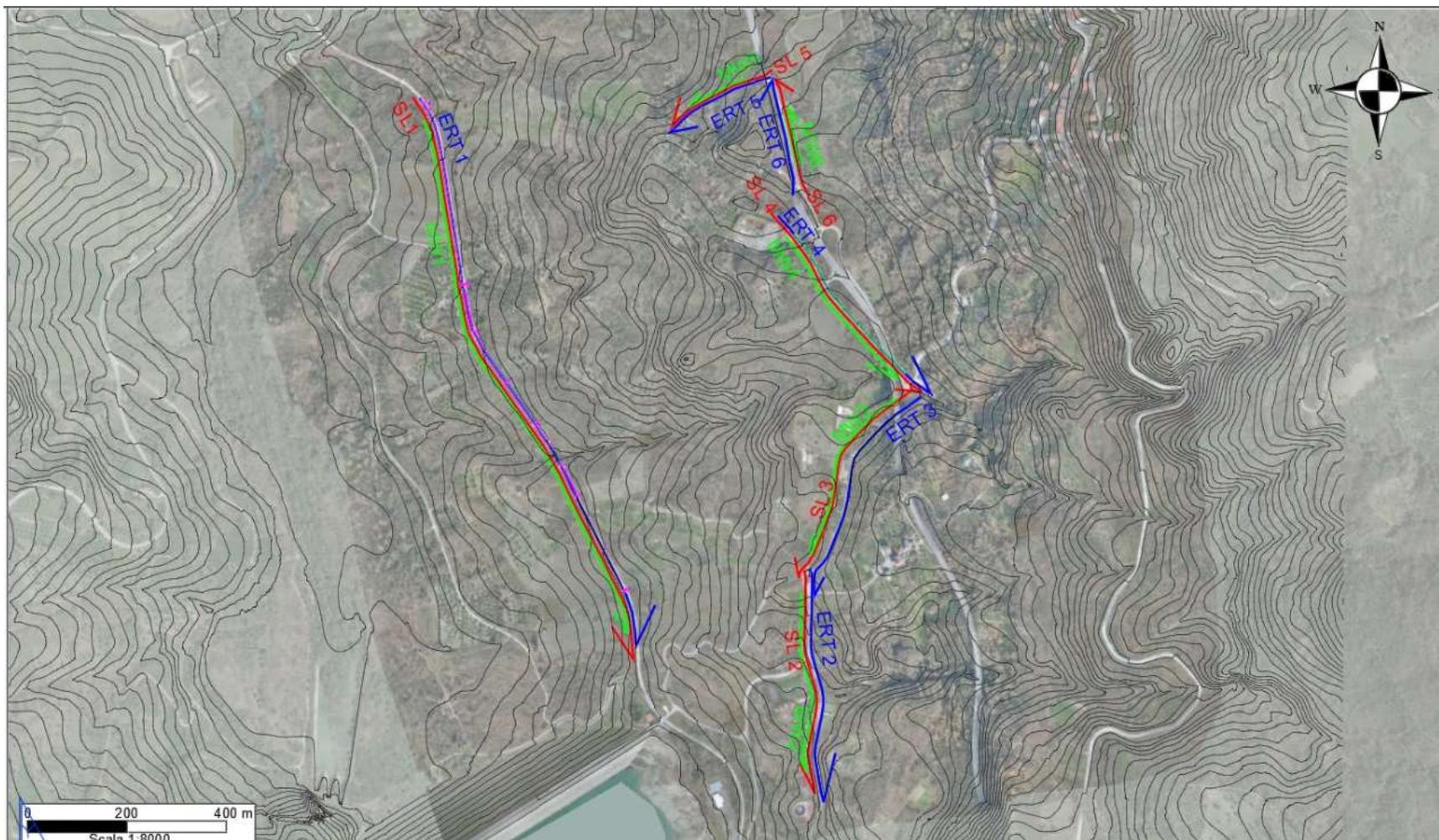
Tabella 2-1: Caratteristiche dei n.6 stendimenti di tomografia di resistività elettrica 2D (E.R.T.)						
Linea	Passo Elettrodic. [m]	Geom. di acquisiz.	Lunghezza (m)	Prof. d'indagine (m)	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
					Inizio linea	Fine linea
E.R.T. 1	5.0	Polo-Dipolo	1195	80	446324.84 m E 4653161.6 m N	446759.03 m E 4652070.4 m N
E.R.T. 2	5.0	Polo-Dipolo	475	100	447109.04 m E 4652223.6 m N	447136.50 m E 4651757.3 m N
E.R.T. 3	5.0	Polo-Dipolo	475	85	447331.82 m E 4652566.9 m N	447114.61 m E 4652170.4 m N
E.R.T. 4	5.0	Polo-Dipolo	475	85	447044.61 m E 4652929.5 m N	447352.63 m E 4652574.7 m N
E.R.T. 5	5.0	Polo-Dipolo	235	90	447029.43 m E 4653206.3 m N	446826.89 m E 4653096.7 m N
E.R.T. 6	5.0	Polo-Dipolo	235	85	447029.70 m E 4653208.2 m N	447091.84 m E 4652983.2 m N

- **n. 6 stendimenti di tomografia di sismica a riflessione (S.R.)** per la caratterizzazione sismo-stratigrafica del terreno;

Tabella 2-2: Caratteristiche dei n.6 stendimenti di tomografia di sismica a riflessione (S.R.)						
Linea	Spaziatura geofonica $d_g$ (m)	Numero geofoni per base sismica	Lunghezza (m)	Prof. d'indagine (m)	Coordinate Geografiche (WGS 84 – UTM 33N)	
					Inizio linea:	Fine linea:
SR 1	5.00	24	1175	200	446323.97 m E 4653162.8 m N	446760.69 m E 4652052.0 m N
SR 2	5.00	24	455	200	447106.63 m E 4652233.1 m N	447133.73 m E 4651766.8 m N
SR 3	5.00	24	455	200	447339.39 m E 4652572.6 m N	447116.88 m E 4652209.0 m N
SR 4	5.00	24	455	200	447042.54 m E 4652931.7 m N	447333.55 m E 4652587.4 m N
SR 5	5.00	24	215	200	447033.79 m E 4653216.5 m N	446833.57 m E 4653102.5 m N
SR 6	5.00	24	215	200	447034.50 m E 4653199.0 m N	447098.65 m E 4652974.9 m N

- n. 6 stendimenti di indagine sismica M.A.S.W. per la caratterizzazione sismo-stratigrafica e determinazione delle onde di taglio  $V_s$  (m/s);

Tabella 2-3: Caratteristiche dei n.6 stendimenti di indagine sismica M.A.S.W.						
Linea	Spaziatura geofonica $d_g$ (m)	Numero geofoni per base sismica	Lungh. (m)	Prof. d'indagine [m]	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
					Inizio linea	Fine linea:
M.A.S.W. 1	5.00	24	1120	25	446347.48 m E 4653124.7 m N	446756.56 m E 4652101.8 m N
M.A.S.W. 2	5.00	24	360	20	447113.02 m E 4652179.5 m N	447123.18 m E 4651825.9 m N
M.A.S.W. 3	5.00	24	360	25	447311.50 m E 4652551.5 m N	447145.47 m E 4652249.3 m N
M.A.S.W. 4	5.00	24	360	20	447072.84 m E 4652898.9 m N	447295.74 m E 4652619.6 m N
M.A.S.W. 5	5.00	24	120	20	446985.56 m E 4653192.5 m N	446878.12 m E 4653142.3 m N
M.A.S.W. 6	5.00	24	120	20	447079.24 m E 4653030.8 m N	447051.59 m E 4653147.4 m N



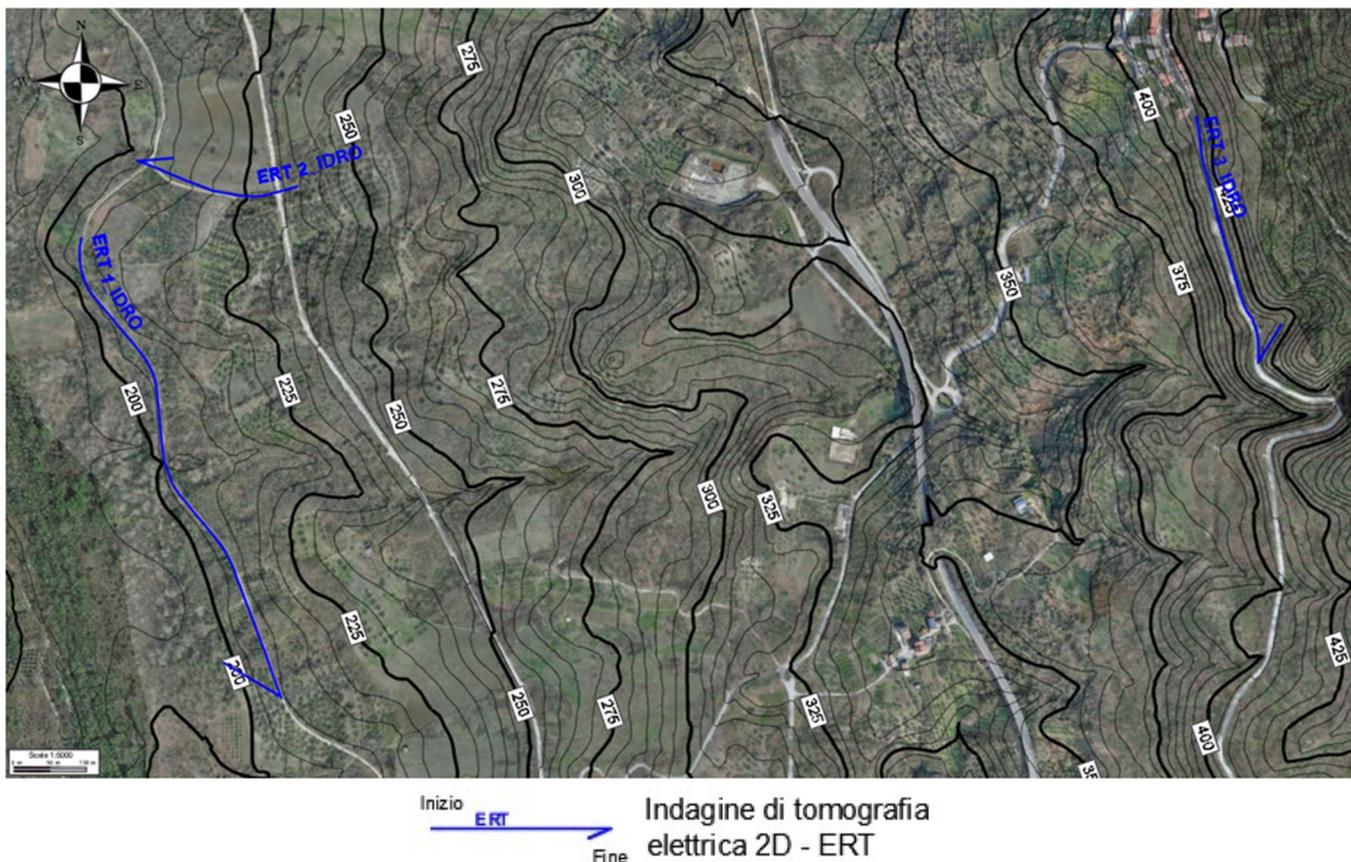
Inizio ERT → Indagine di tomografia  
Fine elettrica 2D - ERT

Inizio SL → Indagine di tomografia  
Fine sismica a riflessione.

MW → Indagine sismica MASW

**FIGURA 2-5: UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE**

Ad integrazione delle indagini geofisiche già eseguite nell'area di studio, sono stati realizzati ulteriori n. 3 stendimenti di tomografia di resistività elettrica 2D (E.R.T.) per la caratterizzazione elettro-stratigrafica del terreno (Figura 2-6). Tali indagini si sono rese necessarie a seguito dell'inapplicabilità di altre metodiche di indagini (ved. utilizzo di traccianti). Per il dettaglio di tali indagini si faccia riferimento all'Appendice F del SIA "Indagini geofisiche di tipo geoelettrica 2D".



**FIGURA 2-6: UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE**

Le geometrie di acquisizione e la spaziatura elettroica dei tre profili tomografici elettrici 2D sono indicate nella seguente Tabella 2-4.

Tabella 2-4: caratteristiche dei 3 stendimenti di tomografia di resistività elettrica 2D (E.R.T.)						
Linea	Passo Elettroic. [m]	N° Elettrodi	Lungh. [m]	Prof. d'indagine [m]	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
					Inizio linea	Fine linea
E.R.T. 1_IDRO	5.0	144	715	80	446125.73 m E 4652812.2 m N	446401.72 m E 4652172.6 m N
E.R.T. 2_IDRO	5.0	48	235	50	446424.28 m E 4652884.0 m N	446202.54 m E 4652919.1 m N
E.R.T. 3_IDRO	5.0	72	355	80	447669.00 m E 4652982.2 m N	447755.48 m E 4652640.6 m N

## ERT 1\_IDRO



## ERT 2\_IDRO



## ERT 3\_IDRO



FIGURA 2-7: ACQUISIZIONE GEOELETTRICA – E.R.T. 2D.

Si riportano, di seguito (Figura 2-8 ÷ Figura 2-19), i risultati delle elaborazioni delle indagini di tomografia elettrica 2D. In particolare, per questa prova, vengono illustrati:

- l'acquisizione delle misure di resistività e le relative pseudo sezioni ( $\text{ohm} \cdot \text{m}$ );
- il modello finale di resistività 2D ( $\text{ohm} \cdot \text{m}$ ) con la profondità (m) ottenuto dall'inversione tomografica;
- l'acquisizione delle misure di caricabilità e le relative pseudo sezioni (msec);
- il modello finale di caricabilità 2D (msec) con la profondità (m) ottenuto dall'inversione tomografica.

### E.R.T. 1\_IDRO

Linea	Passo Elettrodic. [m]	N° Elettrodi	Lungh. [m]	Prof. d'indagine [m]	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
E.R.T. 1	5.0	144	715	80	Inizio linea: 446125.73 m E 4652812.2 m N	Fine linea: 446401.72 m E 4652172.6 m N

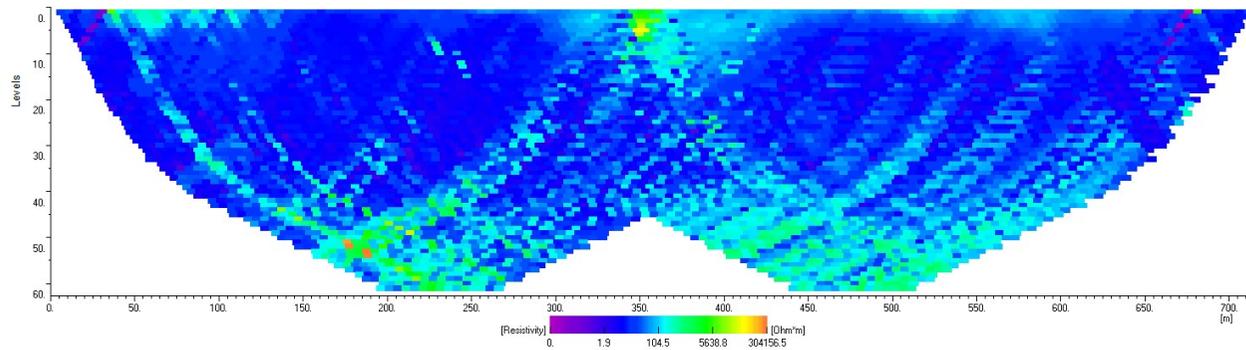


FIGURA 2-8: MODELLO 2D DI: RESISTIVITÀ APPARENTE OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE - E.R.T. 1\_IDRO

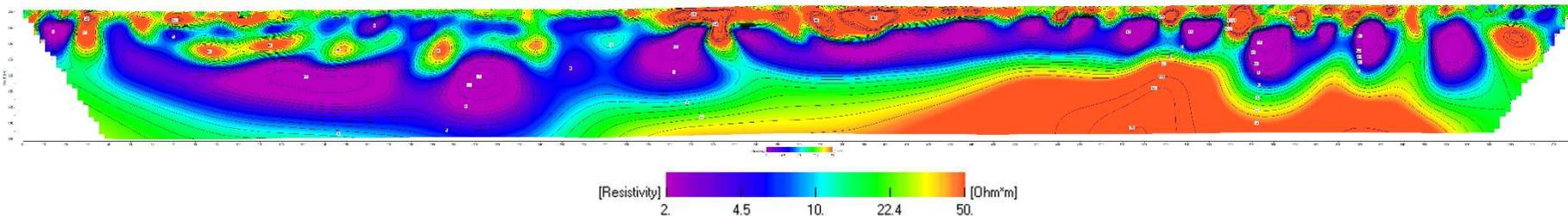


FIGURA 2-9: MODELLO 2D DI RESISTIVITÀ OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE – E.R.T. 1\_IDRO

### E.R.T. 2\_IDRO

Linea	Passo Elettrodic. [m]	N° Elettrodi	Lungh. [m]	Prof. d'indagine [m]	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
					Inizio linea:	Fine linea:
E.R.T. 2	5.0	48	235	50	446424.28 m E 4652884.0 m N	446202.54 m E 4652919.1 m N

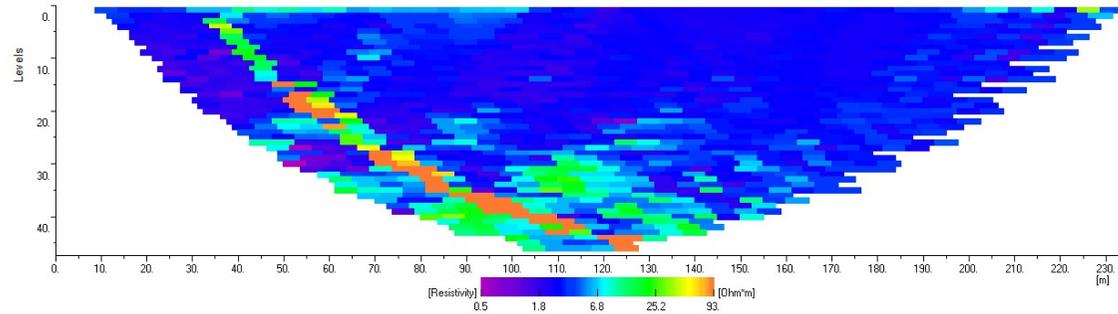


FIGURA 2-10: MODELLO 2D DI: RESISTIVITÀ APPARENTE OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE - E.R.T. 2\_IDRO

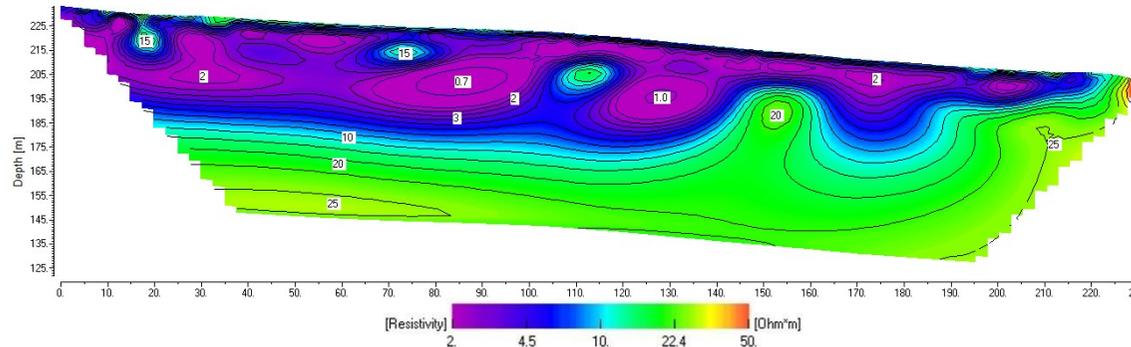


FIGURA 2-11: MODELLO 2D DI RESISTIVITÀ OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE – E.R.T. 2\_IDRO

### E.R.T. 3\_IDRO

Linea	Passo Elettrodisc. [m]	N° Elettrodi	Lungh. [m]	Prof. d'indagine [m]	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
E.R.T. 3	5.0	72	355	80	Inizio linea: 447669.00 m E 4652982.2 m N	Fine linea: 447755.48 m E 4652640.6 m N

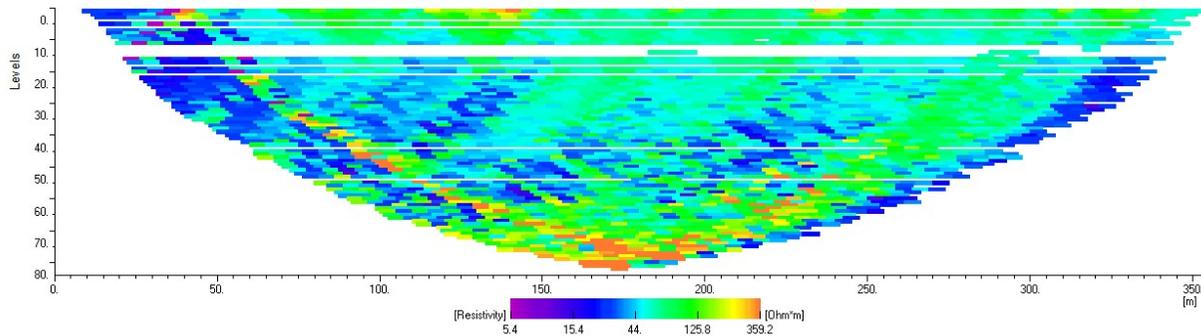


FIGURA 2-12: MODELLO 2D DI: RESISTIVITÀ APPARENTE OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE - E.R.T. 3\_IDRO

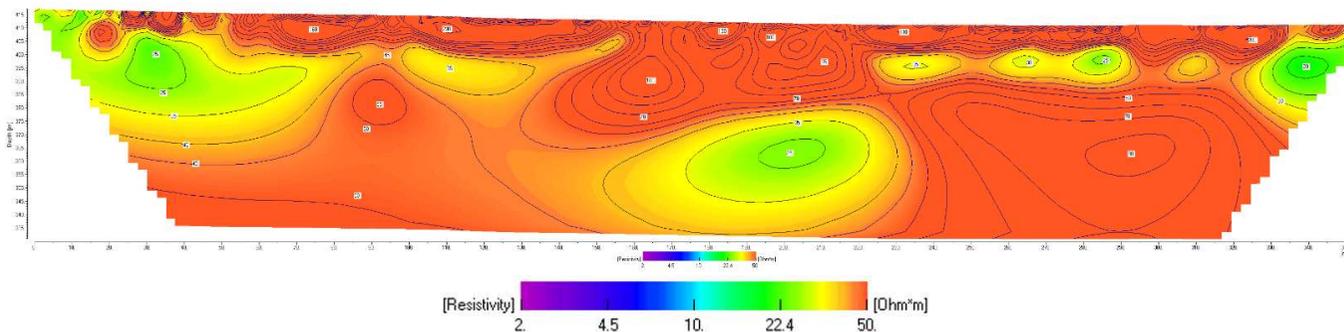


FIGURA 2-13: MODELLO 2D DI RESISTIVITÀ OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE – E.R.T.3\_IDRO

### E.R.T. 1\_IDRO

Linea	Passo Elettrodisc. [m]	N° Elettrodi	Lungh. [m]	Prof. d'indagine [m]	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
E.R.T. 1	5.0	144	715	80	Inizio linea: 446125.73 m E 4652812.2 m N	Fine linea: 446401.72 m E 4652172.6 m N

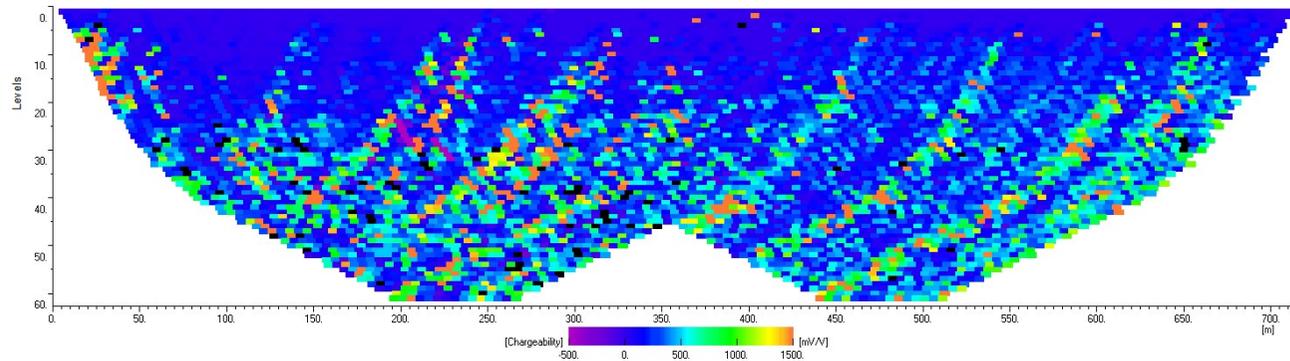


FIGURA 2-14: MODELLO 2D DI: CARICABILITÀ APPARENTE OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE - E.R.T. 1\_IDRO

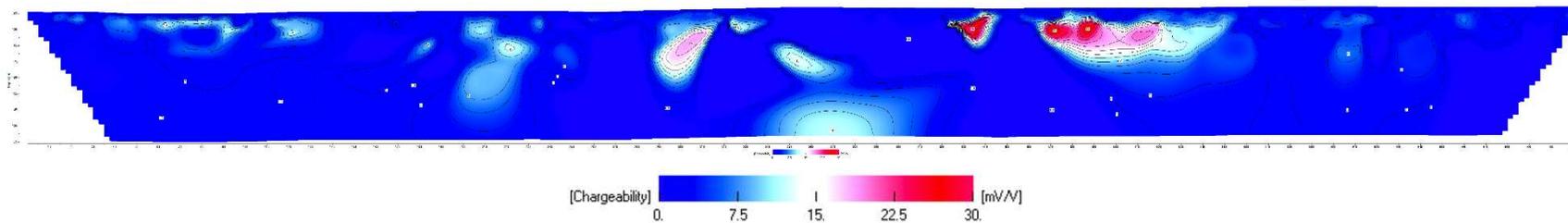


FIGURA 2-15: MODELLO 2D DI CARICABILITÀ OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE – E.R.T. 1\_IDRO

### E.R.T. 2\_IDRO

Linea	Passo Elettrodic. [m]	N° Elettro di	Lungh. [m]	Prof. d'indagine [m]	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
E.R.T. 2	5.0	48	235	50	Inizio linea: 446424.28 m E 4652884.0 m N	Fine linea: 446202.54 m E 4652919.1 m N

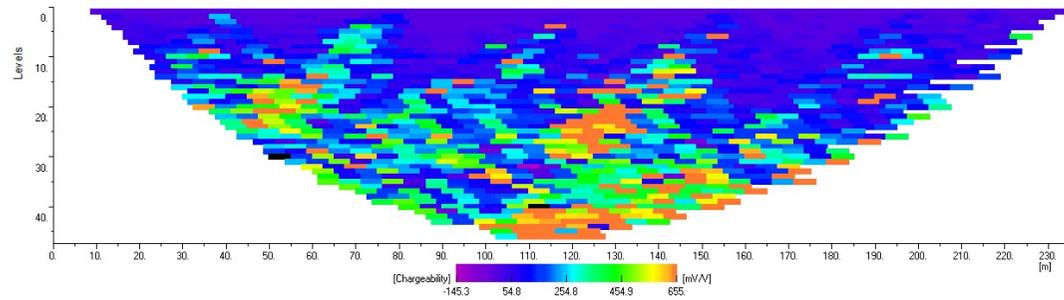


FIGURA 2-16: MODELLO 2D DI: CARICABILITÀ APPARENTE OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE - E.R.T. 2\_IDRO

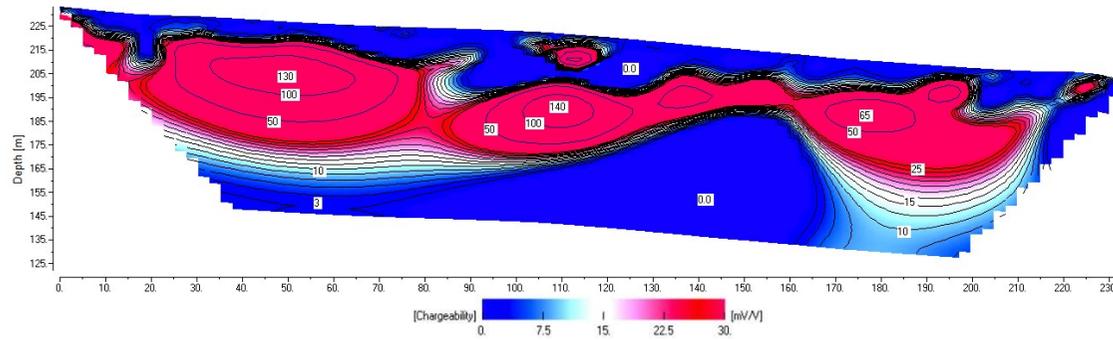


FIGURA 2-17: MODELLO 2D DI CARICABILITÀ OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE – E.R.T. 2\_IDRO

## E.R.T. 3\_IDRO

Linea	Passo Elettrodisc. [m]	N° Elettrodi	Lungh. [m]	Prof. d'indagine [m]	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
E.R.T. 3	5.0	72	355	80	Inizio linea: 447669.00 m E 4652982.2 m N	Fine linea: 447755.48 m E 4652640.6 m N

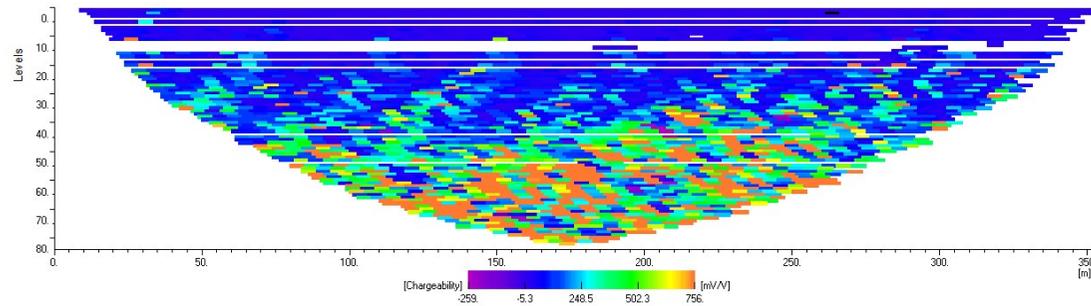


FIGURA 2-18: MODELLO 2D DI: CARICABILITÀ APPARENTE OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE - E.R.T. 3\_IDRO

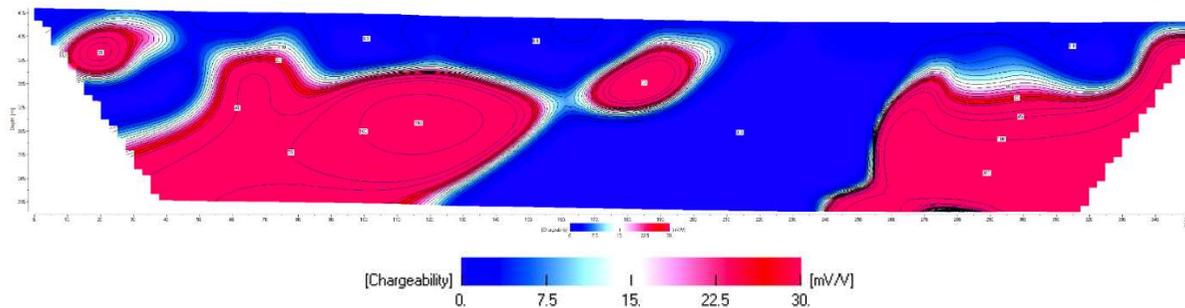


FIGURA 2-19: MODELLO 2D DI CARICABILITÀ OTTENUTA DAL PROCESSO DI INVERSIONE – E.R.T. 3\_IDRO

L'analisi dei modelli 2D di resistività derivanti dalle indagini geoelettriche effettuate nelle vicinanze dell'area di progetto ha fornito ulteriori indicazioni circa la presenza di depositi più o meno resistivi e conseguentemente con differenti condizioni di saturazione, porosità, compattazione e mineralogia dei terreni. Sia le risultanze dei sondaggi che delle indagini geoelettriche sono state utilizzate per la ricostruzione di una sezione di dettaglio nell'area di progetto e per l'analisi di vulnerabilità dell'acquifero.

## 2.4 RILEVAMENTO IDROGEOLOGICO EX-NOVO

Sono stati effettuati appositi rilievi di campo volti alla definizione delle principali caratteristiche idrogeologiche dei diversi termini litologici affioranti in tutta la zona di studio (Figura 2-20, Figura 2-21). Oltre alla valutazione di tutte le caratteristiche dei terreni e dei litotipi affioranti, che possono influenzare la circolazione idrica, come granulometria, litologia, grado di fratturazione, assetto giaciturale, presenza di elementi tettonici, sono state anche individuate ed analizzate diverse forme di origine carsica in corrispondenza dei litotipi calcarei che affiorano nel settore sommitale di Monte Pallano.



**FIGURA 2-20: SETTORE CARATTERIZZATO DA RISTAGNO D'ACQUA NEI PRESSI DEL SONDAGGIO S7, ALL'INTERNO DELL'AREA DI PROGETTO**



**FIGURA 2-21: PANORAMICA DEL VERSANTE OCCIDENTALE DEL MONTE PALLANO.**

## 2.5 MISURE PIEZOMETRICHE

Relativamente al livello piezometrico, sono state consultate le misure effettuate all'interno della strumentazione piezometrica nel 2008 e integrate con due nuovi cicli di lettura effettuati su due sondaggi a dicembre 2023 e gennaio 2024 (Figura 2-22). Tali misure hanno permesso di ricostruire l'andamento della falda all'interno dei depositi di copertura affioranti in corrispondenza dell'area di progetto, che è stato successivamente riportato nella sezione idrogeologica di dettaglio dell'area di progetto (sezione A3). Le misure sono riportate in Tabella 4-1 nel Capitolo 4 "Idrogeologia dell'area di progetto".



**FIGURA 2-22: FOTO DELLA MISURAZIONE ESEGUITA A GENNAIO 2024 DEL LIVELLO PIEZOMETRICO ALL'INTERNO DEL FORO DI SONDAGGIO S1 (CAMPAGNA INDAGINI 2023).**

### 3. IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO

#### 3.1. COMPLESSI IDROGEOLOGICI INDIVIDUATI

Nel settore che va dalla sommità di Monte Pallano fino al fondovalle del Fiume Sangro sono stati individuati cinque complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza (Tabella 3-1). Di seguito vengono descritte le principali peculiarità dei complessi individuati e rappresentati nell'Allegato "G1 - Carta idrogeologica e sezioni idrogeologiche".

##### 3.1.1. Complesso argilloso-marnoso (CAM)

Il presente complesso è rappresentato dai depositi prevalentemente pelitici costituenti il substrato geologico dell'area di stretto interesse progettuale. Dal punto di vista litologico, si tratta di argille e argille marnose con intercalazioni di marne, marne calcaree, calcari marnosi e calcari con frequenza e spessori variabili.

Questo complesso presenta una permeabilità, per porosità e fessurazione, variabile da impermeabile a bassa e gli si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-10}$  e  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s. I litotipi in questione costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nel contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli aquicludi di notevole importanza per tutti i corpi idrogeologici limitrofi anche grazie al notevole spessore di alcune centinaia di metri; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde confinate all'interno degli orizzonti lapidei più fratturati e permeabili presenti all'interno del complesso. Dove affioranti, questi litotipi non consentono alle acque di infiltrazione meteorica un buon deflusso verso il basso. Inoltre, sempre in relazione alle scadenti caratteristiche di permeabilità, tali terreni favoriscono il ruscellamento superficiale delle acque e, al più, l'infiltrazione nelle porzioni più superficiali ed alterate del substrato.

##### 3.1.2. Complesso argilloso, calcareo e marnoso (CAC)

Questo complesso è rappresentato da depositi estremamente eterogenei costituenti il substrato geologico dell'area a monte del sito di interesse progettuale. Dal punto di vista litologico, si tratta di calcari marnosi, calcari, marne e argille con locali intercalazioni di arenarie e brecce con frequenza e spessori variabili.

Il presente complesso presenta una permeabilità, per porosità e fessurazione, variabile da molto bassa a bassa, localmente media, e gli si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-9}$  e  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s. In generale, le caratteristiche idrogeologiche di questo complesso risultano estremamente variegata, in quanto connesse alla notevole variabilità litologica che contraddistingue questa successione. Tali depositi costituiscono aquitardi o acquiferi misti di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei e anisotropi e, a luoghi, sono sede di falde discontinue e frazionate di modesta

rilevanza, contenute negli intervalli lapidei più permeabili. In generale, il complesso si presenta saturo e il deflusso, generalmente ridotto, è fortemente condizionato dalle frequenti intercalazioni pelitiche.

### 3.1.3. Complesso calcareo e calcareo-marnoso (CCM)

Il presente complesso è rappresentato dai depositi prevalentemente calcarei e calcareo-marnosi affioranti nel settore sommitale di Monte Pallano. Dal punto di vista litologico, si tratta di calcari e calcari marnosi.

Questo complesso presenta una permeabilità, per fessurazione e carsismo, variabile da bassa ad alta e gli si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-6}$  e  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s. Tali depositi costituiscono acquiferi fessurati di elevata trasmissività, generalmente eterogenei ed anisotropi e sono sede di falde idriche sotterranee di buona rilevanza, sia frazionate che a deflusso unitario. Il complesso alimenta diverse sorgenti poste alla base della successione con portate generalmente inferiori a  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 3.1.4. Complesso dei depositi di copertura (CDC)

Questo complesso è rappresentato dai depositi di frana, detritici ed eluvio-colluviali affioranti diffusamente lungo i versanti di Monte Pallano e posti a copertura delle unità del substrato, in particolare nelle porzioni medio-basse del pendio. Dal punto di vista litologico, si tratta di arenarie in blocchi e argille limose, limi argillosi, limi sabbioso-argillosi e sabbie limose con a luoghi ghiaie eterometriche ed elementi calcarei e arenacei anche di dimensioni pluridecimetriche.

Il presente complesso presenta una permeabilità, per porosità, variabile da bassa a media e gli si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-7}$  e  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s. Questi depositi costituiscono acquiferi fortemente eterogenei ed anisotropi e di modesta trasmissività a causa di uno spessore non elevato. Il complesso è privo di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di falde a carattere stagionale, direttamente connesse al regime delle precipitazioni meteoriche e agli scambi idrici con le falde ad esse confinanti dei complessi CCM e CAC. Il deflusso è fortemente condizionato dall'elevata eterogeneità granulometrica e le frequenti intercalazioni pelitiche possono localmente tamponare la circolazione sotterranea, favorendo anche la formazione di piccole falde sospese a carattere stagionale.

### 3.1.5. Complesso dei depositi alluvionali (CDA)

Il presente complesso è rappresentato dai depositi alluvionali affioranti in corrispondenza del fondovalle del Fiume Sangro. Dal punto di vista litologico si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta, incrociata o laminata, con locali ghiaie poligeniche ed eterometriche da sub-angolose ad arrotondate. Questo complesso presenta una permeabilità, esclusivamente per porosità, variabile da media ad alta e gli si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-5}$  e  $1 \cdot 10^{-2}$  m/s. Tali depositi costituiscono acquiferi di buona trasmissività,

piuttosto eterogenei e anisotropi e sono sede di falde idriche di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario. Le falde sono alimentate dalle precipitazioni meteoriche e presentano frequenti interscambi sia con gli acquiferi adiacenti che con il Fiume Sangro.

**Tabella 3-1 – Sintesi dei complessi idrogeologici individuati con indicazione della tipologia di litotipo, coefficiente di permeabilità e indicazione sulla trasmissività**

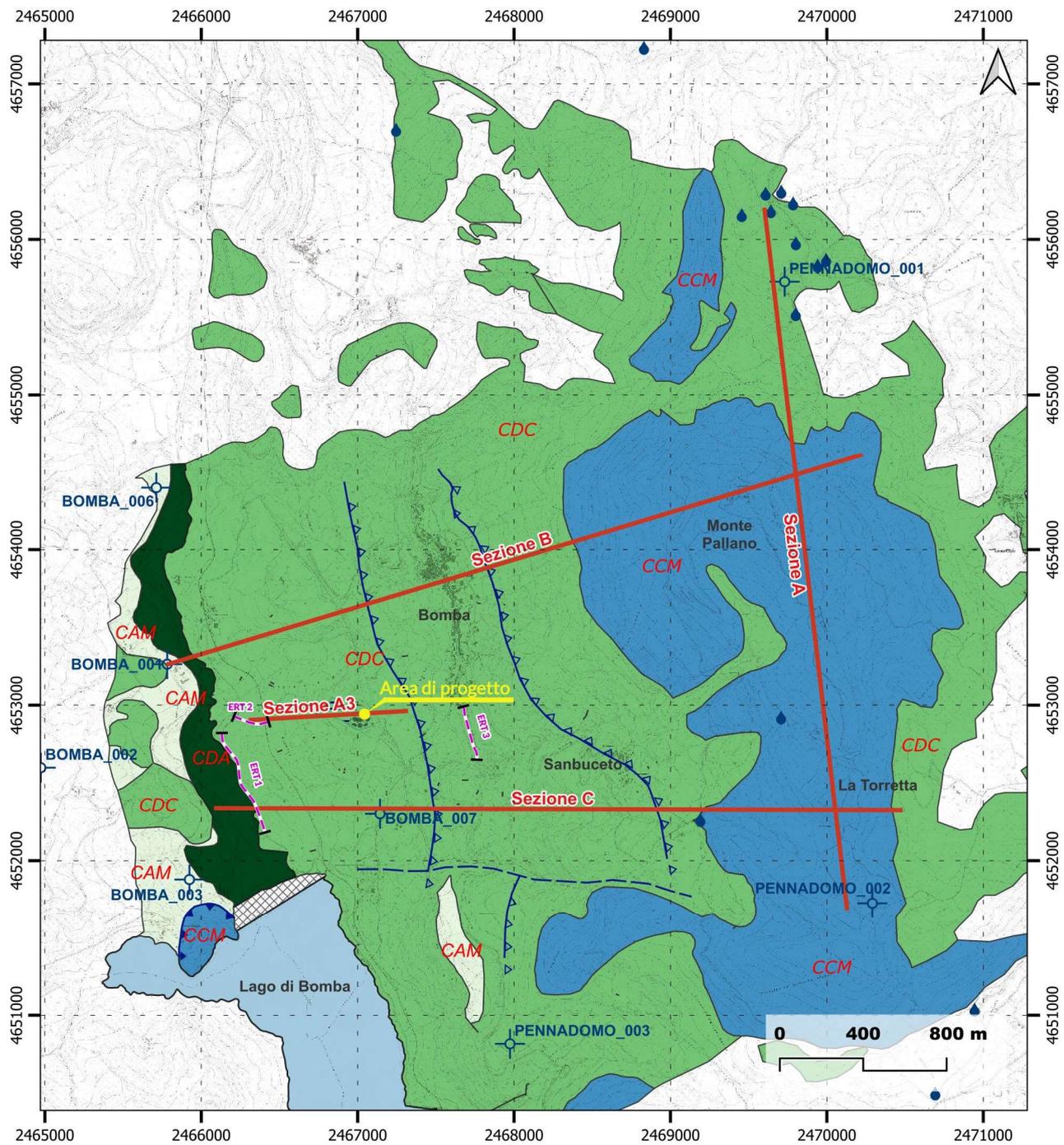
Complesso	Litologia	permeabilità <i>m/s</i>	trasmissività
CDA	Ghiaie sabbiose e sabbioso-limose, sabbie limose e limi sabbiosi	$1 \cdot 10^{-5}$ e $1 \cdot 10^{-2}$	Buona
CDC	Arenarie in blocchi, argille limose, limi argillosi, limi sabbioso-argillosi e sabbie limose con a luoghi ghiaie	$1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-4}$	Modesta
CCM	Calcari, calcari marnosi	$1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-3}$	Elevata
CAC	Marne, argille, calcari marnosi, calcari	$1 \cdot 10^{-9}$ e $1 \cdot 10^{-6}$	Scarsa
CAM	Argille, argille marnose, marne	$1 \cdot 10^{-10}$ e $1 \cdot 10^{-7}$	Scarsissima

### 3.2. DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO

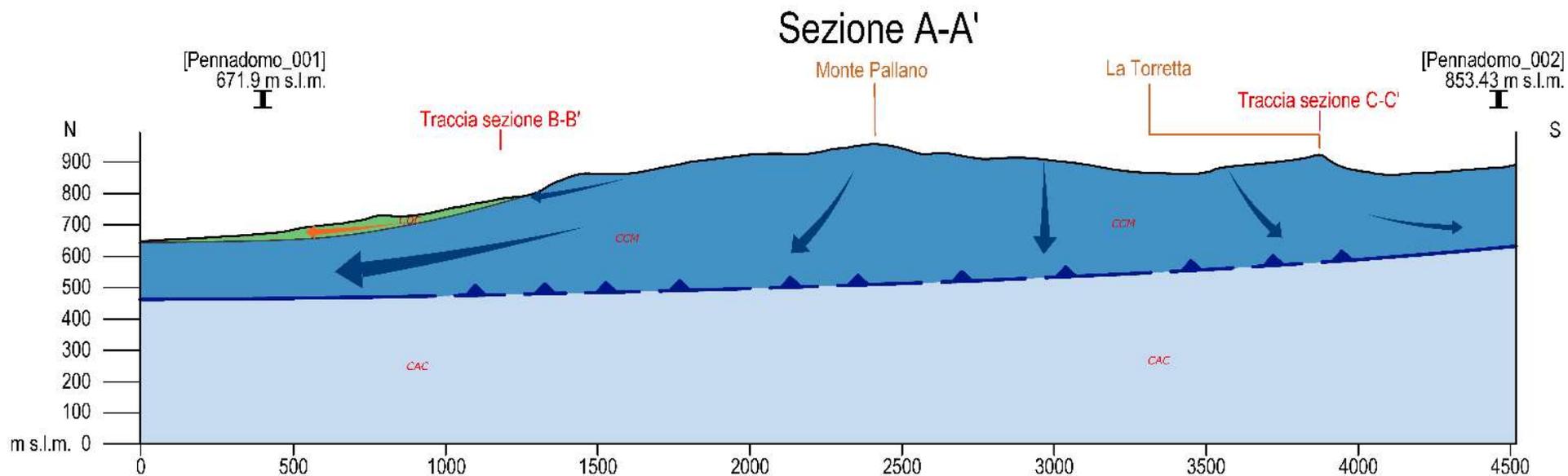
I dati raccolti durante il presente studio hanno permesso di definire le caratteristiche peculiari dell'area e di individuare, per grandi linee, il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse. Quest'ultimo, in particolare, è direttamente connesso alle caratteristiche di permeabilità dei termini litologici presenti e al locale assetto strutturale e litostratigrafico dell'area.

Una parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione areale e verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici di ridotta permeabilità che, nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati degli *aquiclude* o al più degli *acquitard*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti portando alla formazione di diverse emergenze sorgentizie di importanza variabile.

Nell'area di studio, corrispondente al versante occidentale della dorsale di Monte Pallano, il principale serbatoio di risorse idriche sotterranee è rappresentato dai litotipi riferibili al "*Complesso calcareo e calcareo-marnoso*" affioranti nel settore medio-alto del rilievo (Figura 3-1, Figura 3-2, Figura 3-3). Questi termini litologici sono caratterizzati da una circolazione idrica eterogenea ed anisotropa, direttamente influenzata dal locale stato di fessurazione e carsificazione dell'ammasso, nonché dalla presenza di elementi tettonici quali faglie e fratture. I corpi idrici qui contenuti presentano una comunicazione idraulica a luoghi diretta con l'ammasso del "*Complesso argilloso, calcareo, marnoso*" sottostante.

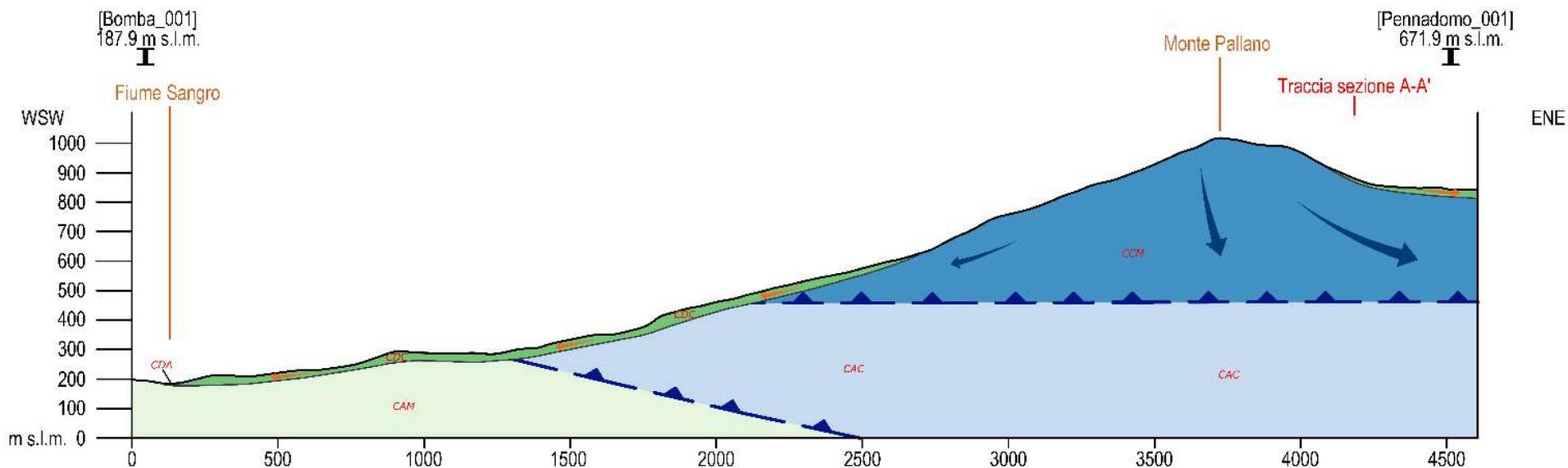


**FIGURA 3-1: CARTA IDROGEOLOGICA DELL'AREA DI STUDIO CON UBICAZIONE DELLE SEZIONI IDROGEOLOGICHE. PER LA LEGENDA SI RIMANDA ALL'ALLEGATO "G1 - CARTA IDROGEOLOGICA E SEZIONI IDROGEOLOGICHE".**



**FIGURA 3-2: SEZIONE IDROGEOLOGICA A-A' DELLA DORSALE DI MONTE PALLANO (DIREZIONE NORD-SUD), CON INDICAZIONE DEL FLUSSO IDRICO ALL'INTERNO DEL COMPLESSO CALCAREO E CALCAREO-MARNOSO (CCM) (FRECCE BLU) E ALL'INTERNO DEL COMPLESSO DEI DEPOSITI DI COPERTURA (CDC) (FRECCE ARANCONI). LA GRANDEZZA DELLE FRECCHE È DIRETTAMENTE PROPORZIONALE ALL'INTENSITÀ DEL FLUSSO ED EVIDENZIA UNA CIRCOLAZIONE PREVALENTEMENTE ORIENTATA VERSO NORD.**

## Sezione B-B'



**FIGURA 3-3: SEZIONE IDROGEOLOGICA B-B' CHE DA MONTE PALLANO SI ESTENDE FINO AL FONDOVALLE DEL FIUME SANGRO, CON INDICAZIONE DEL FLUSSO IDRICO ALL'INTERNO DEL COMPLESSO CALCAREO E CALCAREO-MARNOSO (CCM) (FRECCE BLU) E ALL'INTERNO DEL COMPLESSO DEI DEPOSITI DI COPERTURA (CDC) (FRECCE ARANCIONI). LA GRANDEZZA DELLE FRECCHE È DIRETTAMENTE PROPORZIONALE ALL'INTENSITÀ DEL FLUSSO ED EVIDENZIA UNA CIRCOLAZIONE PREVALENTEMENTE ORIENTATA VERSO EST**

Infatti, i litotipi del “*Complesso argilloso, calcareo, marnoso*” sono caratterizzati da una permeabilità variabile in base al litotipo incontrato e allo stato di fessurazione che lo contraddistingue. Laddove prevalgono i depositi pelitici o comunque litotipi poco o per niente fratturati, il presente ammasso funge da *aquitard*, favorendo il confinamento dei corpi idrici contenuti nell’acquifero sovrastante e la formazione di sorgenti come nei pressi del nucleo abitativo di Sambuceto (frazione di Bomba) o dei versanti orientali e settentrionali di Monte Pallano (Figura 3-4).



**FIGURA 3-4: MODELLO 3D DEL SETTORE DI STUDIO DI MONTE PALLANO CON INDICAZIONE DELLE SORGENTI (GOCCE BLU) E DELLE PRINCIPALI DIREZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO NEL SUBSTRATO (FRECCE BLU) E NEI DEPOSITI DI COPERTURA (FRECCE ARANCIO). LA GRANDEZZA DELLE FRECCHE È DIRETTAMENTE PROPORZIONALE ALL’INTENSITÀ DEL FLUSSO.**

In presenza di litotipi maggiormente fratturati, questo complesso presenta una modesta permeabilità che consente una limitata circolazione di fluidi al proprio interno e mantenendo una comunicazione idraulica con il sovrastante acquifero calcareo. In generale, va comunque specificato che indipendentemente dalle caratteristiche di permeabilità di questo complesso, la presenza in alto di un importante acquifero (*Complesso calcareo e calcareo-marnoso*) drenante verso il basso e di un acquiclude (*Complesso argilloso-marnoso*) tamponante alla base, ha favorito la progressiva saturazione del *Complesso argilloso, calcareo, marnoso* che pertanto, sulla base di quanto detto, contiene risorse idriche seppur con una circolazione sotterranea piuttosto limitata.

Immediatamente in basso, i litotipi del "*Complesso argilloso-marnoso*", a causa di una permeabilità molto bassa o nulla, rappresentano degli *aquiclude* di notevole importanza per tutti i corpi idrogeologici limitrofi, tamponando alla base le falde contenute nei sovrastanti litotipi (*Complesso argilloso, calcareo, marnoso* e *Complesso calcareo e calcareo-marnoso*). L'efficacia nel contenere alla base i suddetti corpi idrici è anche dovuta al notevole spessore di alcune centinaia di metri del complesso che si evince dai dati di pozzo disponibili (Monte Pallano 1, Monte Pallano 2, Bomba 001, Bomba 007). Il complesso si presenta saturo ma è privo di circolazione idrica sotterranea.

L'andamento delle falde e i principali assi di drenaggio sono controllati dagli elementi tettonici e dallo stato di fratturazione dell'ammasso. I più importanti limiti di permeabilità sono rappresentati dai due sovrascorrimenti orientati circa NNW-SSE che mettono a contatto nel settore medio-alto del versante il "*Complesso calcareo e calcareo-marnoso*" permeabile con il sottostante "*Complesso argilloso, calcareo, marnoso*" meno permeabile, e nel settore medio-basso del versante quest'ultimo complesso con il sottostante "*Complesso argilloso-marnoso*" impermeabile (Figura 3-2, Figura 3-3). Considerata la geometria sub-orizzontale del primo elemento tettonico posto a quote più alte e l'immersione circa a ENE del sovrascorrimento che delimita inferiormente ed in modo definitivo dal punto di vista idraulico i corpi idrici del Monte Pallano, è possibile definire una circolazione idrica sotterranea drenante prevalentemente verso nord (Figura 3-2) e verso est (Figura 3-3) e solo in minor modo verso ovest e verso sud (Figura 3-4). Tale condizione è supportata dalla presenza di sorgenti in maggior numero sul versante orientale e nord-orientale del Monte Pallano, tra le località di Tornareccio e Pianello (Figura 3-4). Le sorgenti si rinvergono prevalentemente in corrispondenza della variazione di pendenza posta alla base dell'ammasso calcareo e calcareo-marnoso (*Complesso calcareo e calcareo-marnoso*) e che segna il passaggio in basso verso litotipi argillosi, marnosi e calcarei meno permeabili (*Complesso argilloso, calcareo, marnoso*). Lo stesso assetto strutturale caratterizza e influenza la presenza di alcune sorgenti sul versante meridionale di Monte Pallano nei pressi della località San Giovanni.

Sul versante occidentale di Monte Pallano, invece, risultano censite unicamente due sorgenti poco a monte della frazione Sambuceto, in un settore caratterizzato dalla presenza del *Complesso calcareo e calcareo-marnoso*. Secondo quanto riportato nella Relazione Illustrativa della Microzonazione sismica del Comune di Bomba, nell'elenco delle Sorgenti Italiane del Servizio idrografico del 1964 sono riportate sei sorgenti puntuali ricadenti nel territorio comunale di Bomba, tutte con portate inferiori a 5 l/s.

Infine, una circolazione idrica di minore importanza, superficiale e influenzata dai cicli stagionali è quella che avviene all'interno dei depositi di copertura di versante (*Complesso dei depositi di copertura*). Questi depositi sono caratterizzati da una permeabilità variabile da bassa a media e, specialmente quando presentano spessori pluridecametrici, come nell'area di progetto, favoriscono la circolazione di corpi idrici sotterranei. La presenza di una falda all'interno di questi depositi è quindi favorita, nel settore medio-basso del versante occidentale di Monte Pallano, dalla presenza sottostante del "*Complesso argilloso-marnoso*", che, tamponando alla base l'acquifero, non permette un deflusso verso il basso dei corpi idrici. Tale condizione, quando presente, è ben osservabile attraverso le indagini geoelettriche. Il modello 2D di resistività dello stendimento elettrico tomografico E.R.T. 2 evidenzia una fascia a bassissimi valori di resistività in appoggio su una fascia caratterizzata da bassi valori (Figura 3-5). Questo modello, da un punto di vista idrogeologico, è compatibile con la presenza di una falda all'interno delle coltri di copertura e della porzione più superficiale e alterata del substrato (bassissimi valori di resistività) e con la presenza di un substrato argilloso alla base (bassi valori di resistività). L'alimentazione degli acquiferi dei depositi di copertura avviene sia attraverso le precipitazioni meteoriche che attraverso scambi idrici diretti con i litotipi del "*Complesso calcareo e calcareo-marnoso*" e del "*Complesso argilloso, calcareo, marnoso*" affioranti o posti immediatamente sotto le coltri di copertura nel settore medio-alto del versante di Monte Pallano (Figura 3-2, Figura 3-3).

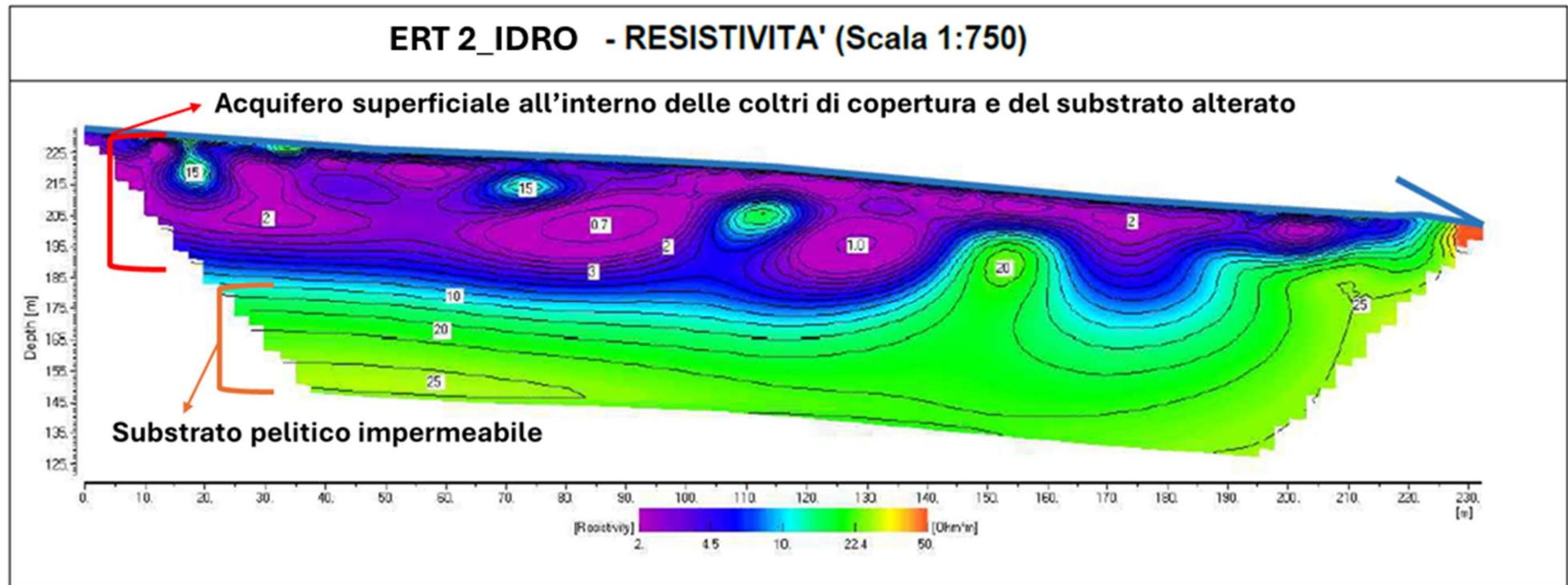
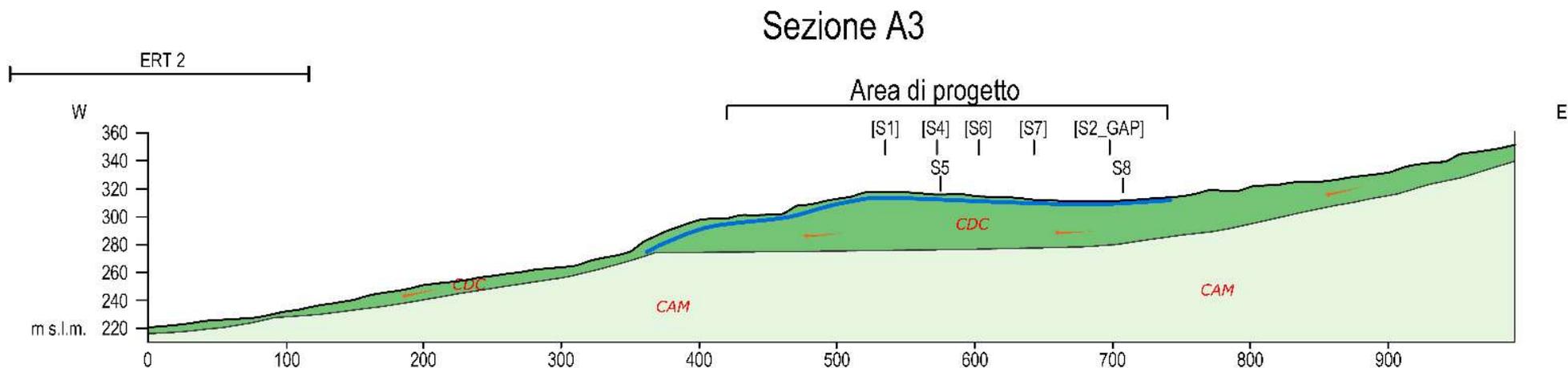


FIGURA 3-5: MODELLO 2D DI RESISTIVITÀ OTTENUTO DALLO STENDIMENTO DI INDAGINE ELETTRICA TOMOGRAFICA E.R.T. 2.

## 4. IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

L'area in cui è prevista la realizzazione degli impianti è caratterizzata da spessori anche superiori a 25 m di depositi di copertura delimitati alla base da un substrato pelitico impermeabile (Figura 4-1). Come detto precedentemente, questi depositi contengono al loro interno falde di importanza non significativa il cui deflusso segue tendenzialmente l'assetto topografico e che sono legate al regime precipitativo e all'alimentazione derivante dagli acquiferi del substrato posti a monte (Figura 3-2, Figura 3-3). Nei settori a minore pendenza, durante i periodi maggiormente piovosi, e grazie anche alla presenza di locali livelli argillosi interni alle coperture, è possibile il ristagno superficiale delle acque. È il caso del settore dell'area di progetto posto nelle vicinanze del foro di sondaggio S7, dove durante un sopralluogo nel gennaio 2024 è stato rinvenuto un diffuso ristagno di acqua (Figura 2-20).



**FIGURA 4-1: SEZIONE IDROGEOLOGICA A3 DELL'AREA DI PROGETTO, CON INDICAZIONE DEL FLUSSO IDRICO (FRECCHE ARANCIONI) ALL'INTERNO DEL COMPLESSO DEI DEPOSITI DI COPERTURA (CDC) E DEL LIVELLO PIEZOMETRICO (LINEA BLU) RICOSTRUITO ATTRAVERSO I DATI DI MONITORAGGIO DISPONIBILI.**

Le misure del livello piezometrico effettuate nei fori di sondaggio attrezzati con piezometro nel settore di stretto interesse progettuale hanno evidenziato la presenza di una falda posta a pochi metri dal piano campagna (Tabella 4-1). Il set di misure, effettuate nel 2008 e a cavallo tra la fine del 2023 e l'inizio del 2024, mostra valori di soggiacenza più bassi nella fascia settentrionale/nord-orientale dell'area di progetto, e valori più alti nella fascia meridionale/ sud-occidentale. Tale condizione può essere giustificata dall'assetto morfologico dell'area. Infatti, la fascia meridionale/ sud-occidentale è posta anche 10-20 metri più in alto del settore settentrionale/nord-orientale, posto invece a ridosso dell'area più depressa di un impluvio, e quindi più facilmente soggetta a bassi valori di soggiacenza.

In tabella vengono riassunte le letture piezometriche effettuate nei vari fori di sondaggio attrezzati con piezometro nell'area di stretto interesse progettuale. In particolare, si riportano i principali dati disponibili (sigla, tipologia piezometro, data lettura, profondità falda e note).

**Tabella 4-1 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio. \* sondaggi realizzati nel mese di ottobre del 2008; \*\* sondaggi realizzati nel periodo luglio-settembre 2008; sondaggi realizzati nel mese di ottobre del 2023**

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	note
S1*	Tubo aperto	12/2008	8.10	
S2*	Tubo aperto	12/2008	11.10	
S3*	Tubo aperto	12/2008	2.00	
S3**	Tubo aperto	12/2008	5.00	
S8**	Tubo aperto	12/2008	4.10	
		12/2023	2.50	Ostruito a 14.2 m da p.c.
		01/2024	2.20	Ostruito a 14.2 m da p.c.
S1***	Tubo aperto	12/2023	29.60	
		01/2024	29.20	

A conferma di quanto detto, il modello 2D di resistività ottenuto attraverso l'indagine elettrica tomografica E.R.T. 4 evidenzia nel settore orientale dell'area di progetto, immediatamente a nord-est del piazzale, bassissimi valori di resistività nei primi 20 m circa da p.c., compatibili con la presenza di una falda all'interno dei depositi di copertura (Figura 4-2).

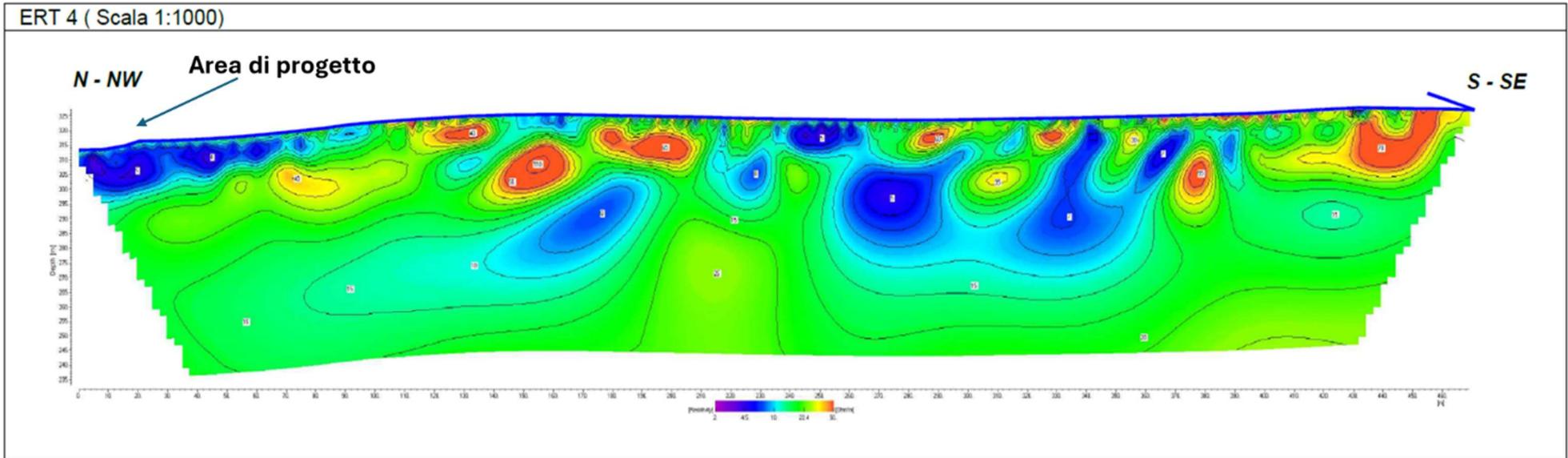


FIGURA 4-2: MODELLO 2D DI RESISTIVITÀ OTTENUTO DALLO STENDIMENTO DI INDAGINE ELETTRICA TOMOGRAFICA E.R.T. 4, CON INDICAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO

## 5. VULNERABILITÀ ACQUIFERO

L'analisi di vulnerabilità dell'acquifero è stata svolta su un'area, di seguito indicata "area intervento", che include l'area impianto, l'area cantiere, la viabilità di accesso e l'area pozzo Pallano 1-2 (FIGURA 5-3). Si sottolinea che per la stima della vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento è stata inclusa anche l'area pozzo Pallano 1-2 in quanto ai fini idrogeologici l'area è stata considerata un elemento di continuità. Questo ha permesso di poter stimare meglio le sorgenti di potenziale inquinamento alla scala di dettaglio. Per l'area di intervento, quindi, è stata valutata la vulnerabilità intrinseca o naturale degli acquiferi definita come la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo (Civita 1994).

Il metodo utilizzato per la valutazione della vulnerabilità dell'acquifero che interessa l'area di progetto è il metodo parametrico SINTACS Release 5 (Civita & de Maio 2000) considerato il più idoneo per il territorio italiano.

### 5.1. METODO SINTACS

La vulnerabilità è funzione di diversi parametri tra cui: litologia, struttura, natura del suolo, geometria del sistema idrogeologico, geometria della copertura, processo di ricarica-discarda del sistema ed i processi di interazione fisica e idrogeochimica che determinano la qualità naturale dell'acqua sotterranea e la mitigazione di eventuali inquinanti che penetrano il sistema.

In particolare, il metodo prevede di selezionare i parametri, assegnare ai parametri un punteggio, infine tali punteggi sono moltiplicati per stringhe di pesi che descrivono la situazione idrogeologica e/o l'impatto.

I parametri presi in considerazione sono (Figura 5-1):



**FIGURA 5-1: SCHEMA DELLA SOVRAPPOSIZIONE DEI DIVERSI PARAMETRI CONSIDERATI NEL METODO SINTACS PER IL CALCOLO DELLA VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO.**

A tali parametri vengono assegnati dei punteggi secondo i criteri illustrati nel paragrafo 5.1.1.

I punteggi (**P**) ottenuti per ogni elemento di maglia vengono moltiplicati per i pesi (**W**) che esaltano alcuni parametri rispetto a altri.

Parametro	Pesi (W)				
	IN	IR	D	C	F
S	5	5	4	2	3
I	4	5	4	5	3
N	5	4	4	1	3
T	3	5	2	3	4
A	3	3	5	5	4
C	3	2	5	5	5
S	3	2	2	5	4

Tabella 5-1 – Valori dei pesi (W) relativi ad ognuno dei parametri SINTACS.

- IN Impatto normale (scarso gradiente topografico, con insaturo a prevalente permeabilità matriciale, non soggette a particolari situazioni di impatto antropico o con uso del territorio contenuto)
- IR Impatto rilevante (situazioni territoriali in cui siano presenti fonti diffuse di inquinamento potenziale, insediamenti antropici colture trattate con abbondante uso di fitofarmaci, fertilizzanti chimici, fertirrigazione, aree a discarica incontrollata, aree industriali e minerarie (sia attive che dismesse).
- D Drenaggio (sono quelle in cui si ha un continuo o frequente travaso di acqua da corpi idrici superficiali a quelli sotterranei soggiacenti, aree soggette a forte rischio di esondazione dei corsi d'acqua in regime di piena, aree di irrigazione con grandi volumi d'acqua per sommersione o per scorrimento, aree di affioramento della superficie piezometrica).
- C Carsismo (massicci carbonatici (calcarei e dolomitici), sono caratterizzate da collegamenti tra superficie e acquifero attraverso pozzi carsici e inghiottitoi; sono piuttosto diffuse in tutto il territorio italiano).
- F Fessurato (rocce permeabili per fessurazione, non carsificate o con carsismo superficiale)

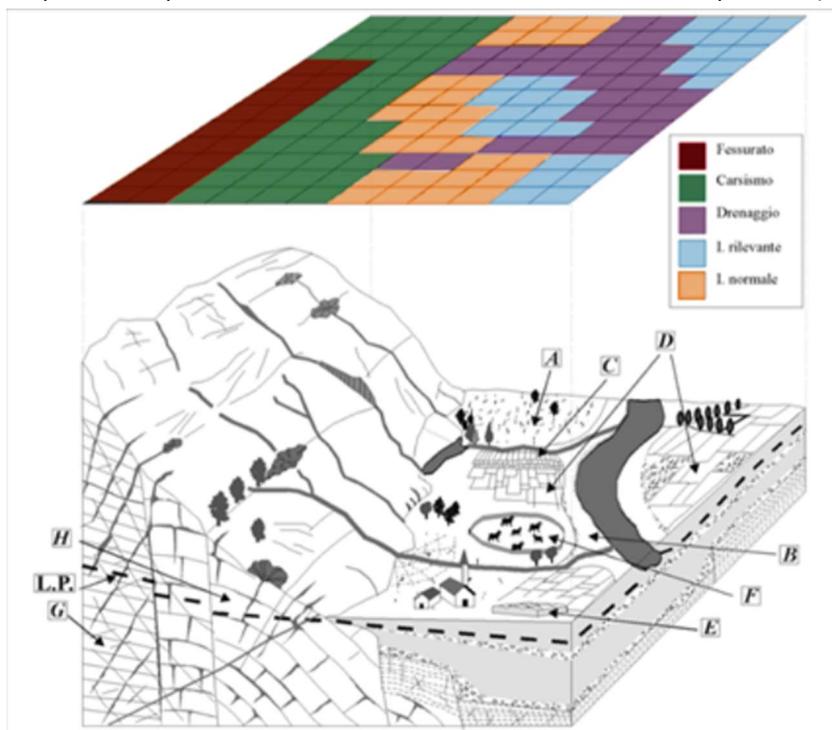
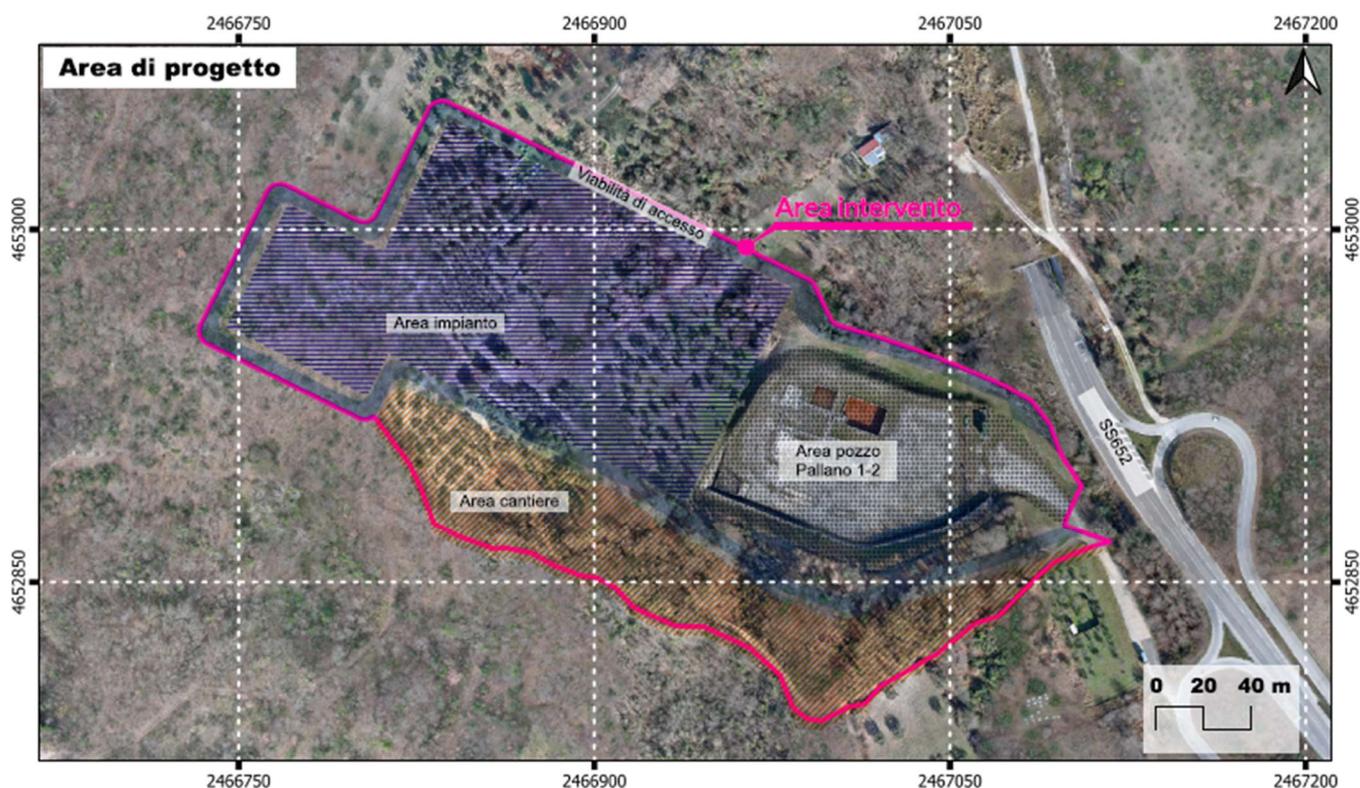


FIGURA 5-2: SCHEMA RAPPRESENTATIVO DI UN'AREA CON SITUAZIONI IDROGEOLOGICHE E DI IMPATTO DIVERSIFICATE E RELATIVI PESI ADOTTATI PER LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ (A=AREA INCOLTA, B=AREA GOLENALE SOGGETTA AD ALLUVIONAMENTI, C=IRRIGAZIONE PER SOMMERSIONE, D=COLTURE CON SUPPORTO CHIMICO, E=SERRE, F=ALLEVAMENTI, G=ACQUIFERI IN ROCCE FESSURATE, H=ACQUIFERI IN ROCCE CARBONATICHE) (ANPA 2001 MODIFICATO).

Per il settore in esame è stata considerata una situazione di impatto rilevante (IR), dato che l'area di intervento considerata per l'analisi di vulnerabilità riprende l'area di impianto, l'area di cantiere, l'area pozzo Pallano 1-2 e la viabilità di accesso considerate situazioni territoriali con fonti di inquinamento potenziale (Figura 5-3).

### 5.1.1. Parametri per l'analisi di vulnerabilità SINTACS

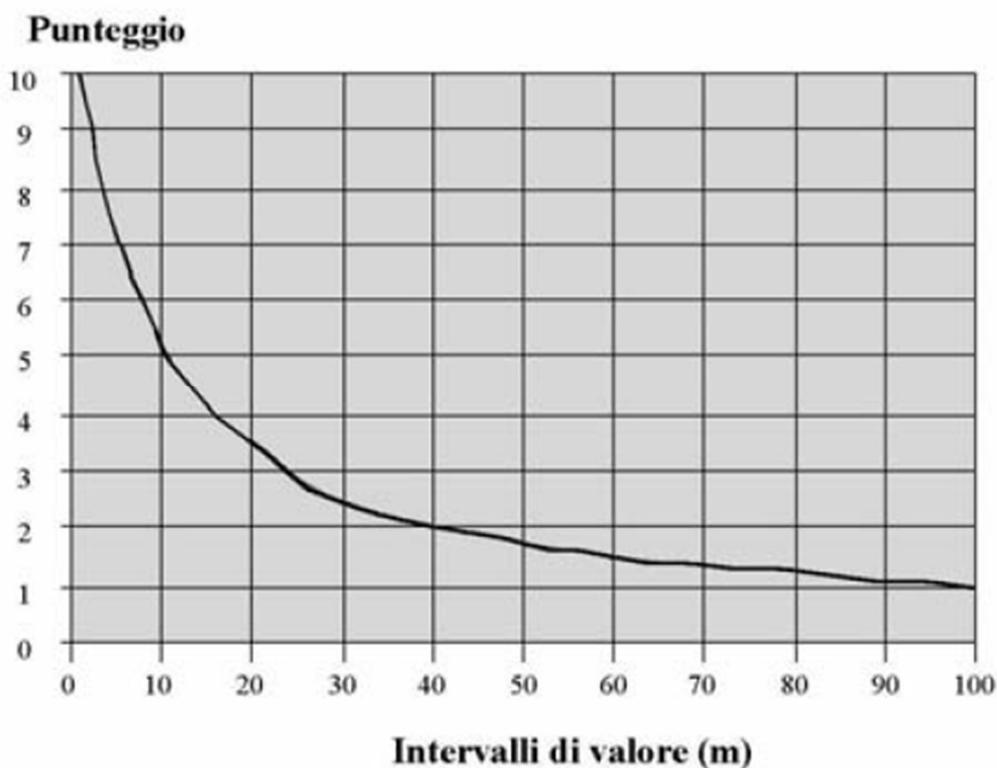
Di seguito vengono descritti i parametri per il calcolo dell'indice SINTACS e i relativi risultati per l'area di intervento.



**FIGURA 5-3: LIMITE AREA DI INTERVENTO CON INDICAZIONE DELL'AREA DI CANTIERE, DELL'AREA POZZO PALLANO 1-2 E DELL'AREA IMPIANTO.**

### Soggiacenza

La soggiacenza è la profondità della superficie piezometrica misurata rispetto al piano campagna. Questo parametro ha una notevole influenza sulla vulnerabilità degli acquiferi: dal suo valore assoluto e dalle caratteristiche idrogeologiche dell'insaturo dipende, in buona misura, il tempo di transito di un qualsiasi inquinante idroportato e la durata delle azioni autodepurative dell'insaturo, in particolare dell'azione ossidante dell'ossigeno atmosferico.



**FIGURA 5-4: VALORI DELLA SOGGIACENZA E RELATIVI PUNTEGGI.**

Sulla base dei dati piezometrici e sulla base delle fonti bibliografiche è stata stimata la soggiacenza (FIGURA 5-5) e attribuiti i punteggi per realizzare la relativa Carta parametrica (Figura 5-6). I valori di soggiacenza ottenuti attraverso la campagna di monitoraggio piezometrico sono riportati in Tabella 4-1 nel Capitolo 4 "Idrogeologia dell'area di progetto".

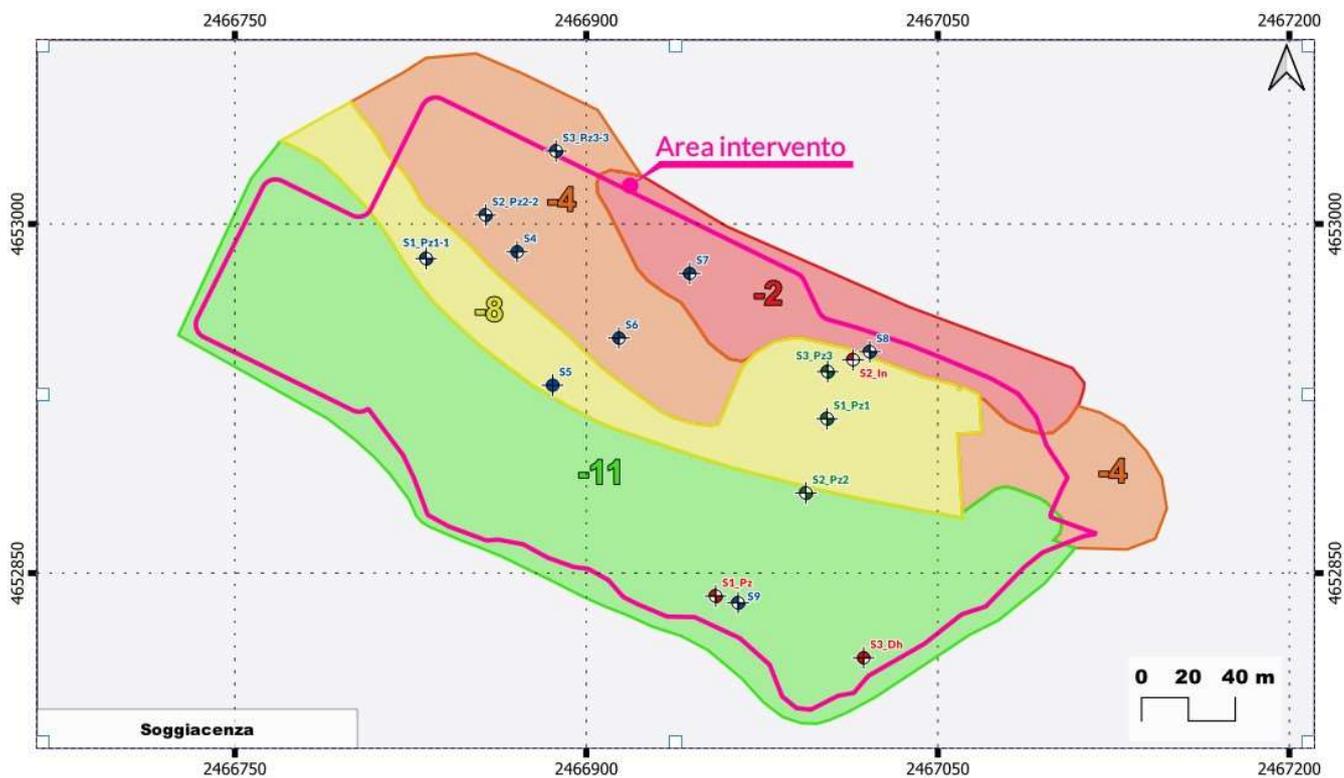


FIGURA 5-5: RAPPRESENTAZIONE DEI VALORI DI SOGGIACENZA ASSEGNATI ALL'INTERNO DELL'AREA DI INTERVENTO.

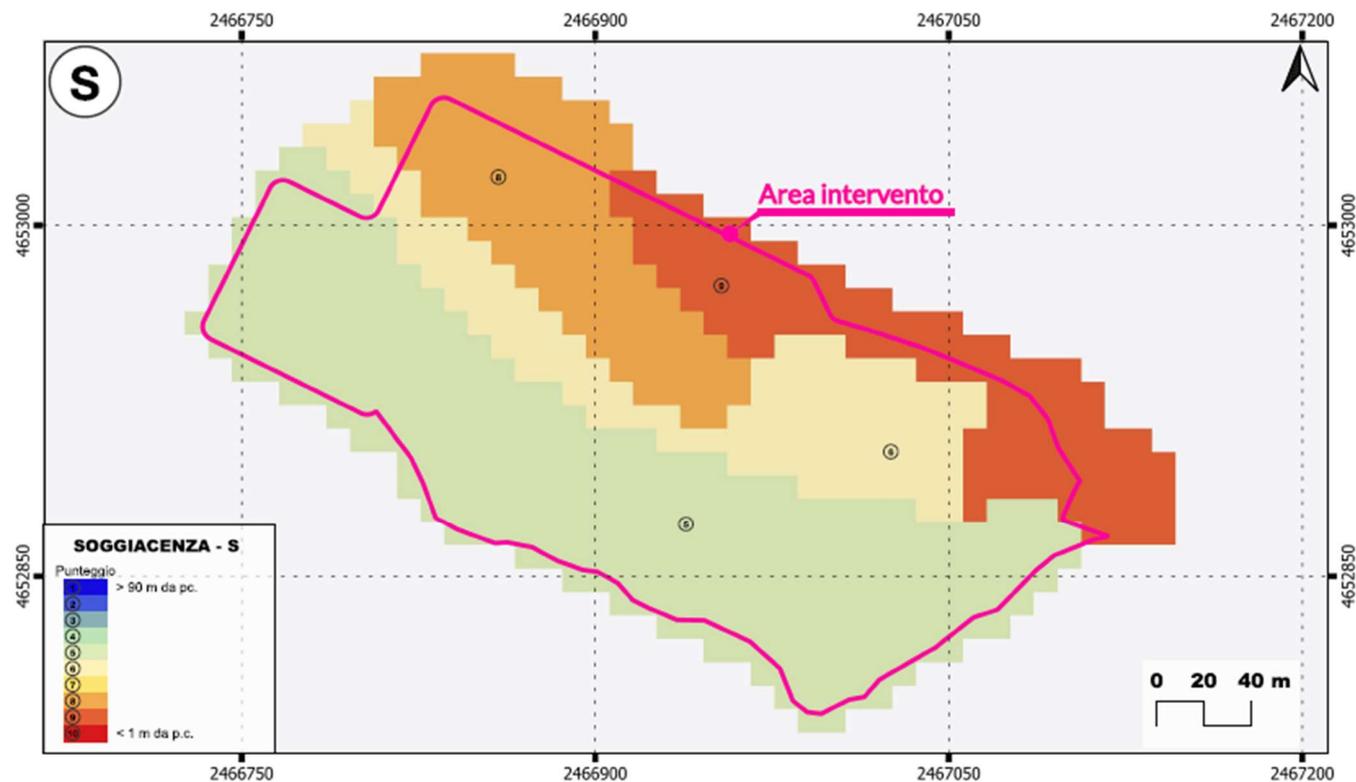


FIGURA 5-6: RISULTATO DEI PUNTEGGI ASSEGNATI AL PARAMETRO DELLA SOGGIACENZA

## Infiltrazione

L'infiltrazione efficace assume notevole importanza nella valutazione della vulnerabilità poiché essa regge il trascinarsi in profondità degli inquinanti, ma anche la loro diluizione, dapprima nell'insaturo e quindi nella zona di saturazione (la Figura 5-7 riporta i range del coefficiente di infiltrazione in relazione alle tessiture dei suoli e dei complessi idrogeologici).

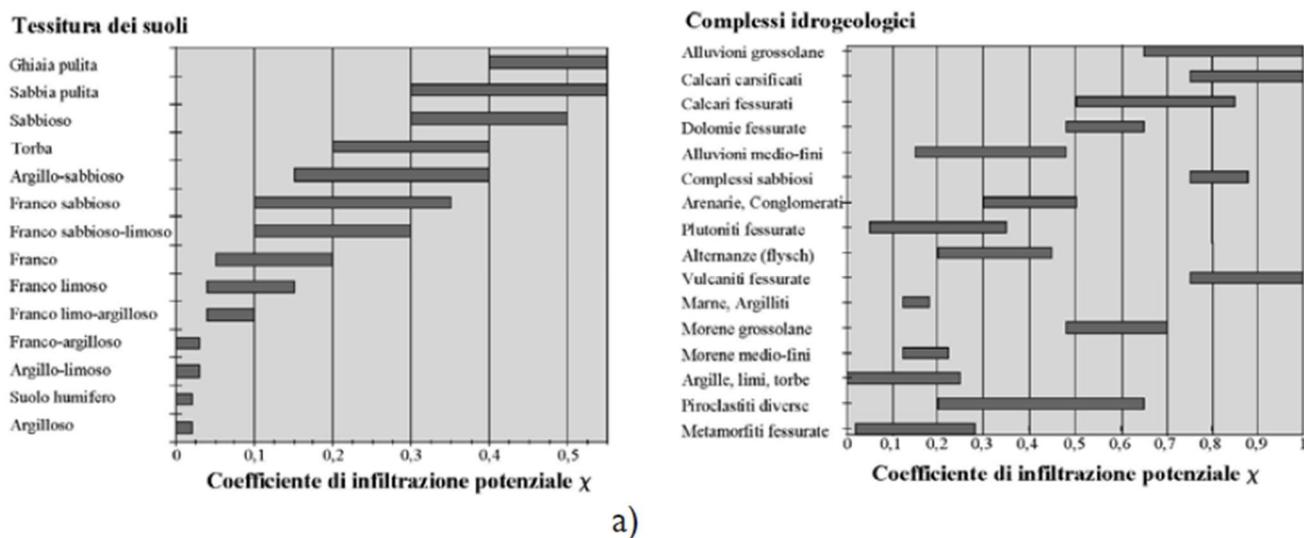


FIGURA 5-7: GRAFICO PER LA VALUTAZIONE DEL X NEL CASO DI SUOLI SPESSI, GRAFICO PER LA VALUTAZIONE DEL X NEL CASO DI ROCCE AFFIORANTI O SOTTO SCARSA COPERTURA.

La metodologia si basa su una semplificazione del bilancio idrologico. In particolare, tale indice è determinato in base alla litologia superficiale (se affiorante o con scarsa copertura del suolo) o alle caratteristiche idrauliche del suolo (Civita & de Maio 1997, 2000).

In caso di coperture scarse o assenti è necessario calcolare il valore delle precipitazioni efficaci medie annue:

$$Q = P - E_r \text{ (mm/a)}$$

Dove:

Q indica le precipitazioni medie annue nell'area di studio

P indica le precipitazioni totali nell'area di studio

$E_r$  indica l'evapotraspirazione media annua nell'area di studio

$$I = Q * X$$

Dove:

I indica l'infiltrazione

Q indica le precipitazioni medie annue nell'area di studio

X indica il coefficiente di infiltrazione in relazione alle tessiture dei suoli e dei complessi idrogeologici

In caso di suoli spessi:

$$I = P * X$$

Dove:

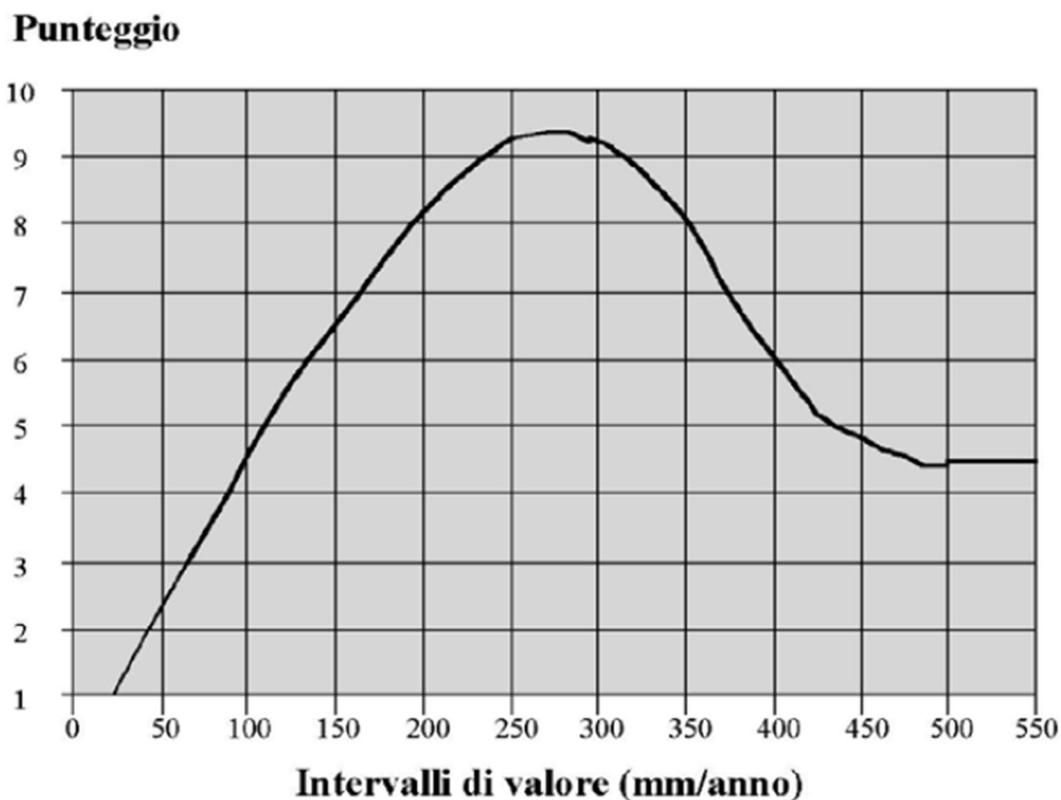
I indica l'infiltrazione

P indica le precipitazioni totali nell'area di studio

X indica il coefficiente di infiltrazione in relazione alle tessiture dei suoli e dei complessi idrogeologici

Per le aree coincidenti con la rete fluviale o con aree irrigue, il valore dell'infiltrazione media annua dovrà essere integrato utilizzando i metodi suggeriti da Civita (1994) per completare la valutazione della ricarica attiva.

Ottenuto il parametro si ricava il punteggio dal relativo diagramma (Figura 5-8).



**FIGURA 5-8: VALORI DELL'INFILTRAZIONE E RELATIVI PUNTEGGI.**

Per il settore di studio è stata considerata la presenza di suoli spessi e applicata la relativa formula, considerando una precipitazione media annua tra il 1920 e il 2009 pari a 960 mm (Figura 5-9).

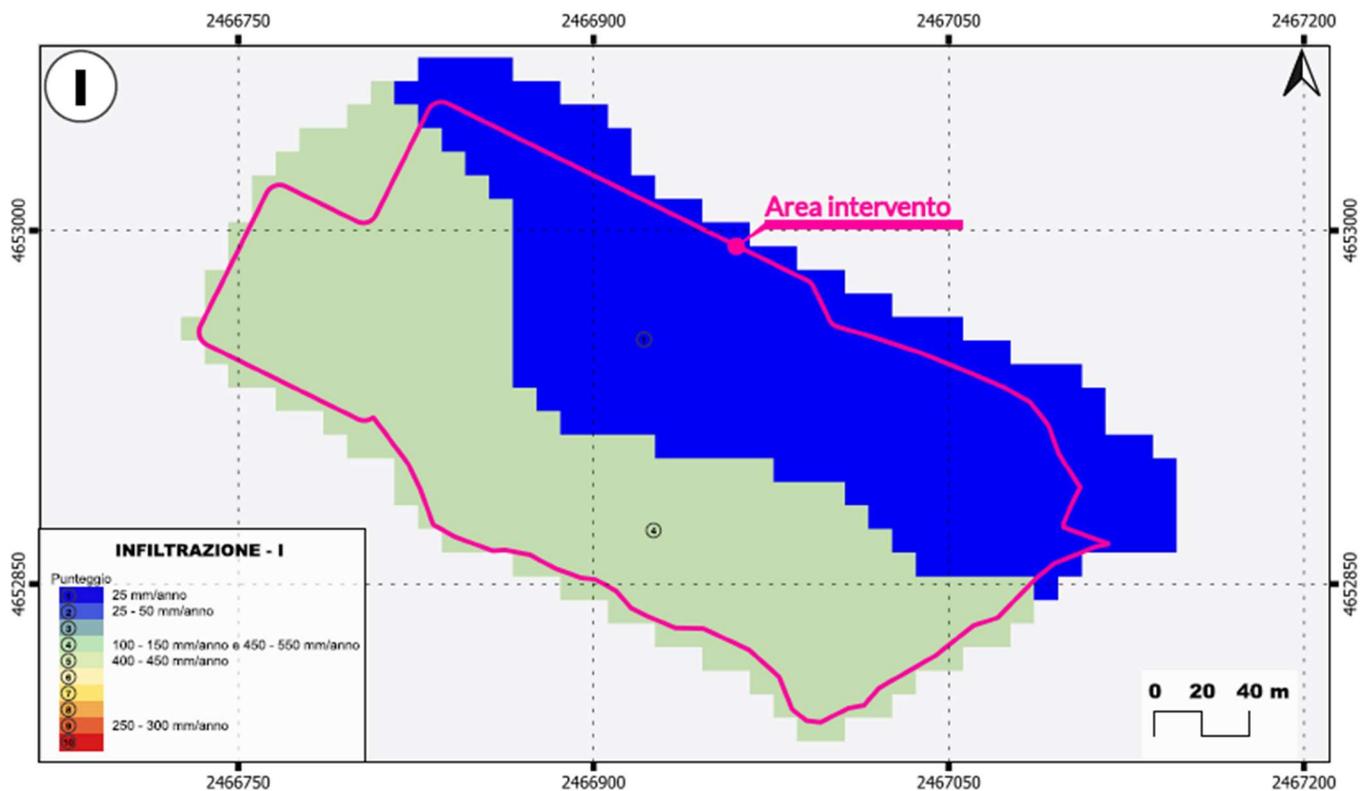


FIGURA 5-9: RISULTATO DEI PUNTEGGI ASSEGNATI AL PARAMETRO DELL'INFILTRAZIONE.

### Non saturo

La zona insatura è la parte di sottosuolo compresa tra la base del suolo e la zona satura dell'acquifero. L'effetto di autodepurazione del non-saturo si valuta, dunque, a partire dalle condizioni litologiche dello spessore insaturo (litologia, stato di fratturazione, grado di carsismo, ecc.). Si attribuisce un punteggio alla litologia del parallelepipedo insaturo avente per base la singola maglia (EFQ) di discretizzazione: ciò può essere immediato se tale litologia è uniforme (la Figura 5-10 riporta i range del punteggio di insaturazione in relazione ai complessi idrogeologici).

### Complessi idrogeologici

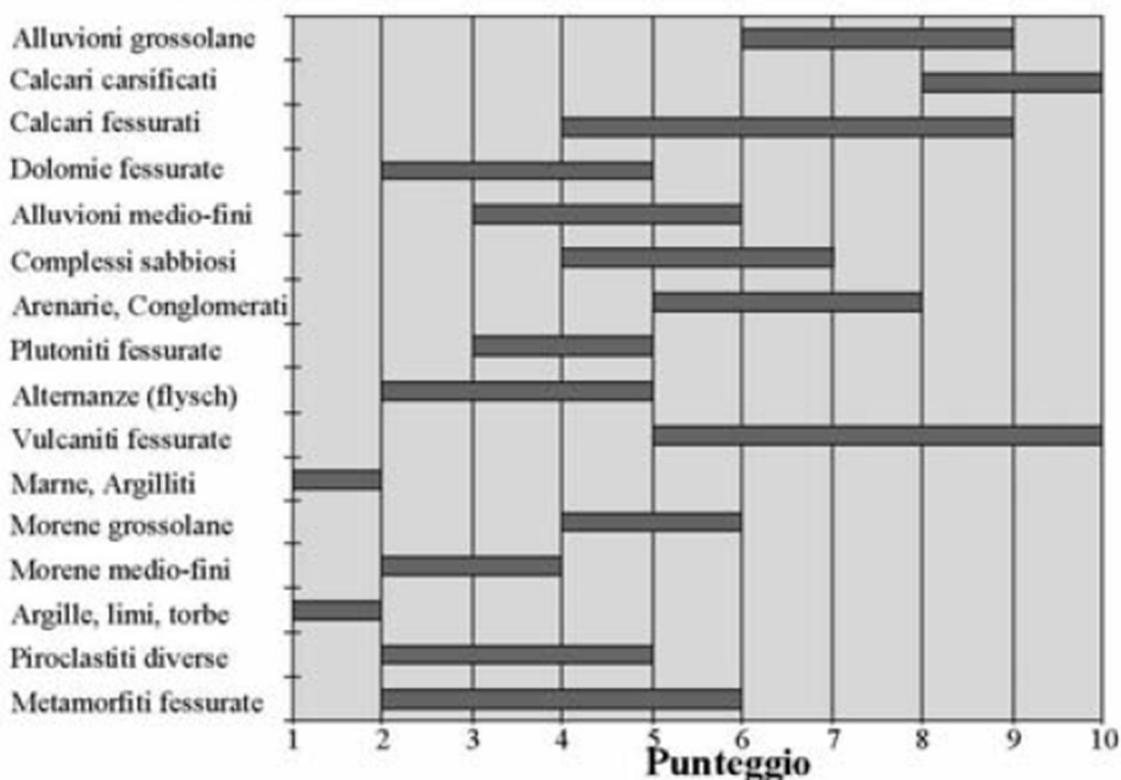
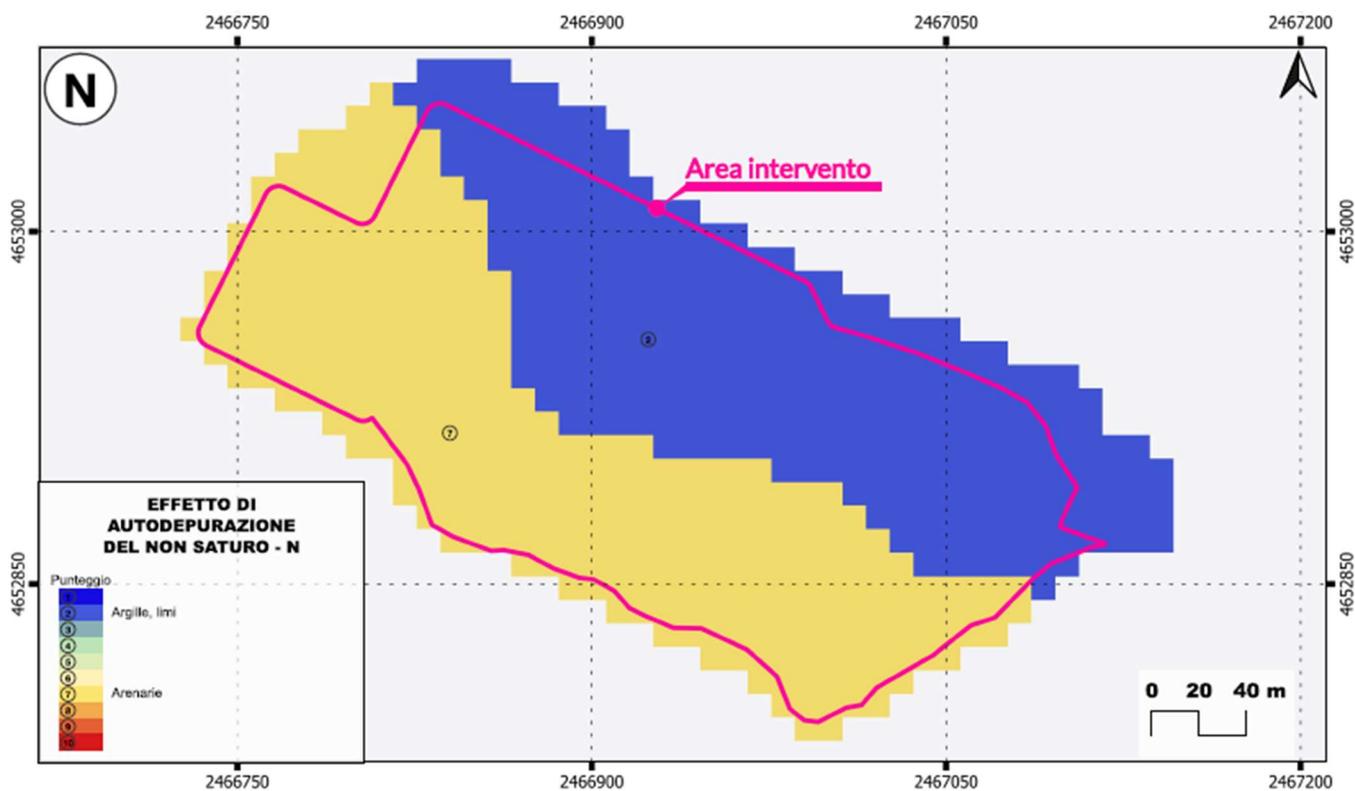


FIGURA 5-10: AZIONE DI MITIGAZIONE DELLE ROCCE COMPONENTI L'INSATURO E RELATIVI PUNTEGGI.

Quando lo spessore insaturo è costituito da diversi tipi litologici, è necessario calcolare la media ponderale riferita allo spessore, che è data dal rapporto tra la sommatoria del prodotto del punteggio (**R**) di ogni singolo litotipo per il suo spessore (**h**) e la potenza totale del non-saturo:

$$N = \frac{\sum_{j=1}^n h_j R_j}{\sum_{j=1}^n h_j}$$

Per il settore di studio la parte relativa al non saturo è attribuibile a una singola litologia per i due settori individuati (Figura 5-11).



**FIGURA 5-11: RISULTATO DEI PUNTEGGI ASSEGNATI AL PARAMETRO RELATIVO ALL'EFFETTO DI AUTODEPURAZIONE DEL NON SATURO.**

### Tipologia della copertura

La tipologia dei terreni di copertura riveste un ruolo della massima importanza nella mitigazione dell'impatto degli inquinanti e nella valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi.

In riferimento alle caratteristiche di tessitura dei suoli sono stati quantificati gli intervalli di punteggio SINTACS (Figura 5-12). In tale diagramma e a seconda del numero e della tipologia dei dati disponibili, si potrà cercare il valore più soddisfacente da assegnare.

## Suoli

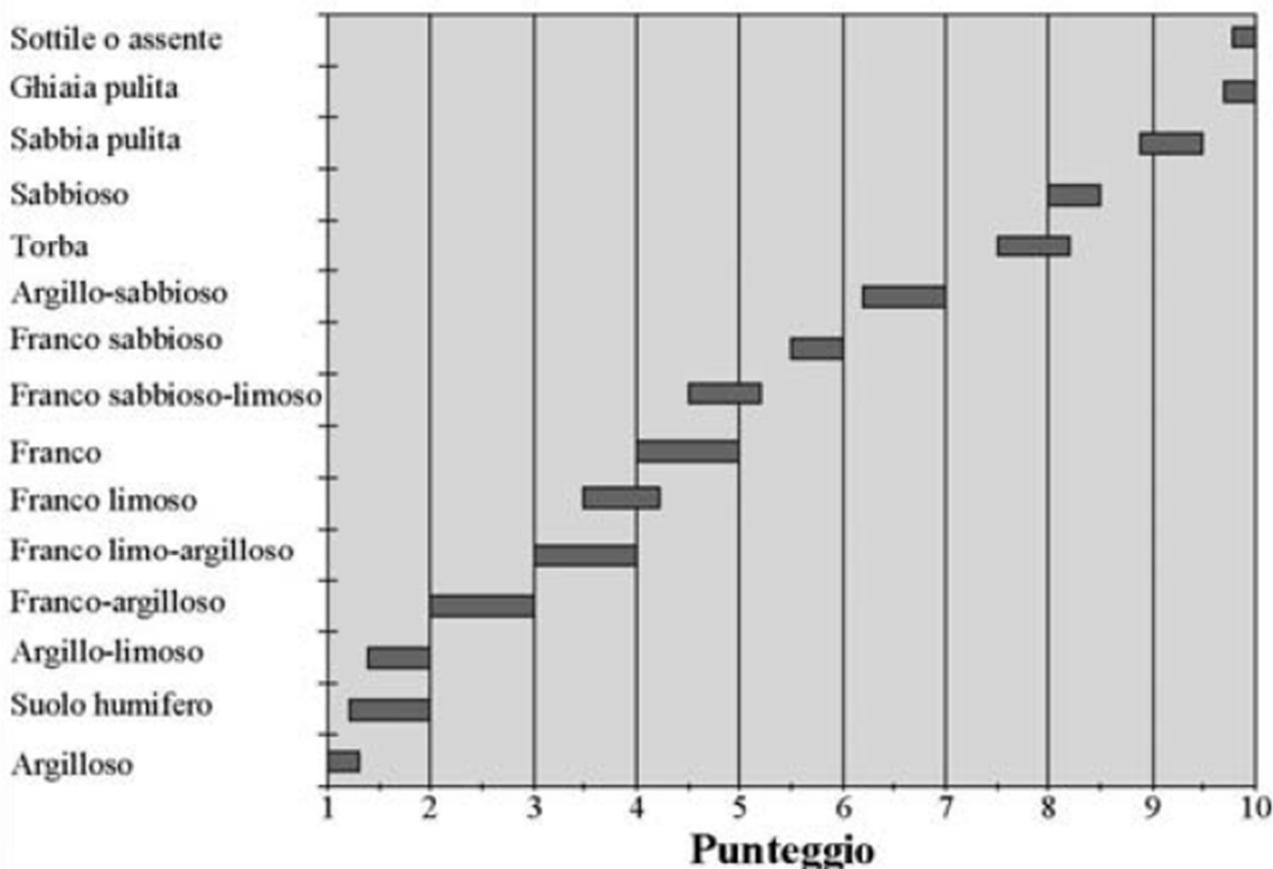


FIGURA 5-12: CARATTERISTICHE TESSITURALI DEI SUOLI E RELATIVI PUNTEGGI PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE DI MITIGAZIONE DEGLI INQUINANTI.

Il settore di studio risulta caratterizzato principalmente da due litologie a cui sono stati attribuiti i relativi punteggi per realizzare la carta parametrica (Figura 5-13).

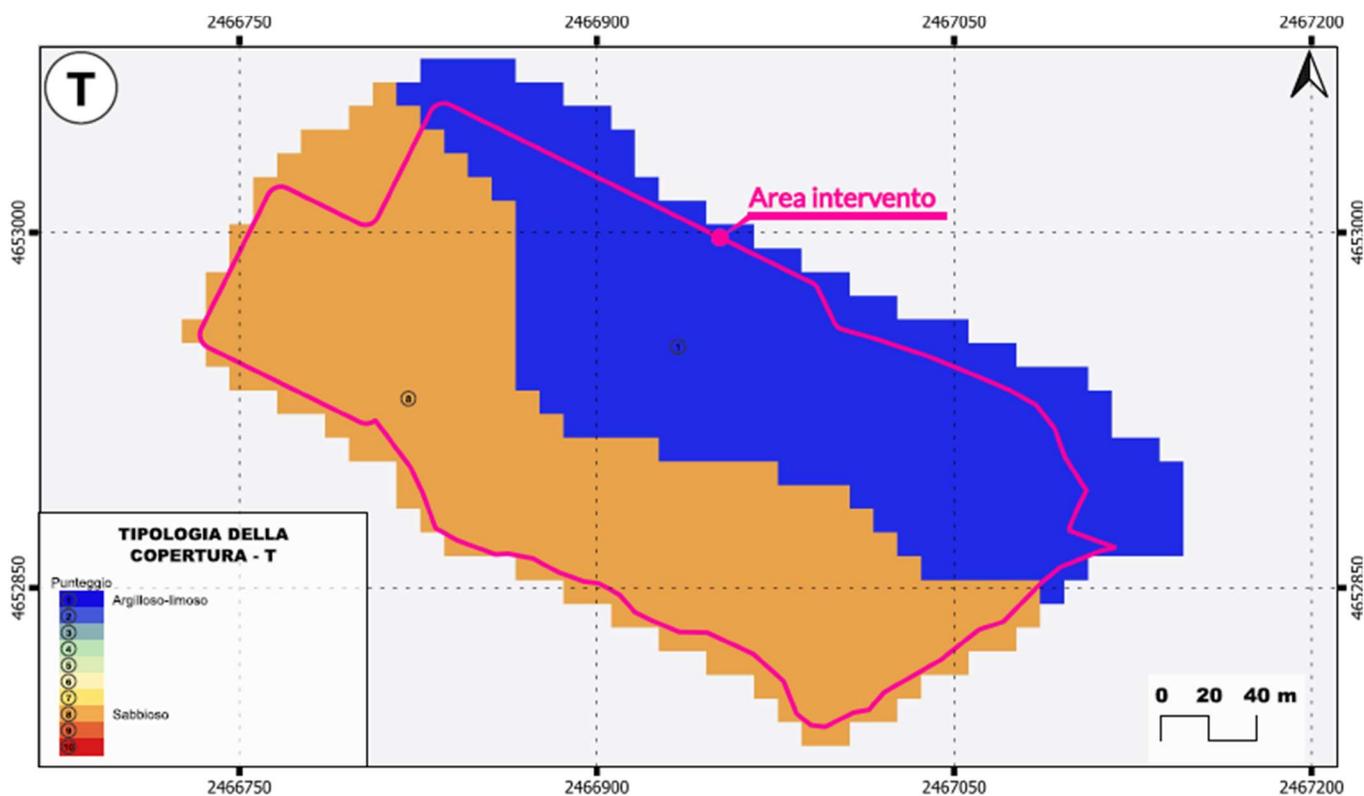


FIGURA 5-13: RISULTATO DEI PUNTEGGI ASSEGNATI AL PARAMETRO RELATIVO ALLA TIPOLOGIA DELLA COPERTURA.

#### Acquifero (caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero)

La tipologia dell'acquifero (A) è il parametro di SINTACS che descrive i processi che avvengono al di sotto della superficie piezometrica, quando un inquinante idroveicolato giunge a mescolarsi con l'acqua sotterranea dopo aver superato le due linee di difesa costituite dalla copertura e dall'insaturo, con abbattimento di una parte più o meno rilevante della sua concentrazione iniziale (la Figura 5-14 riporta i range del punteggio dell'acquifero in relazione ai complessi idrogeologici).

### Complessi idrogeologici

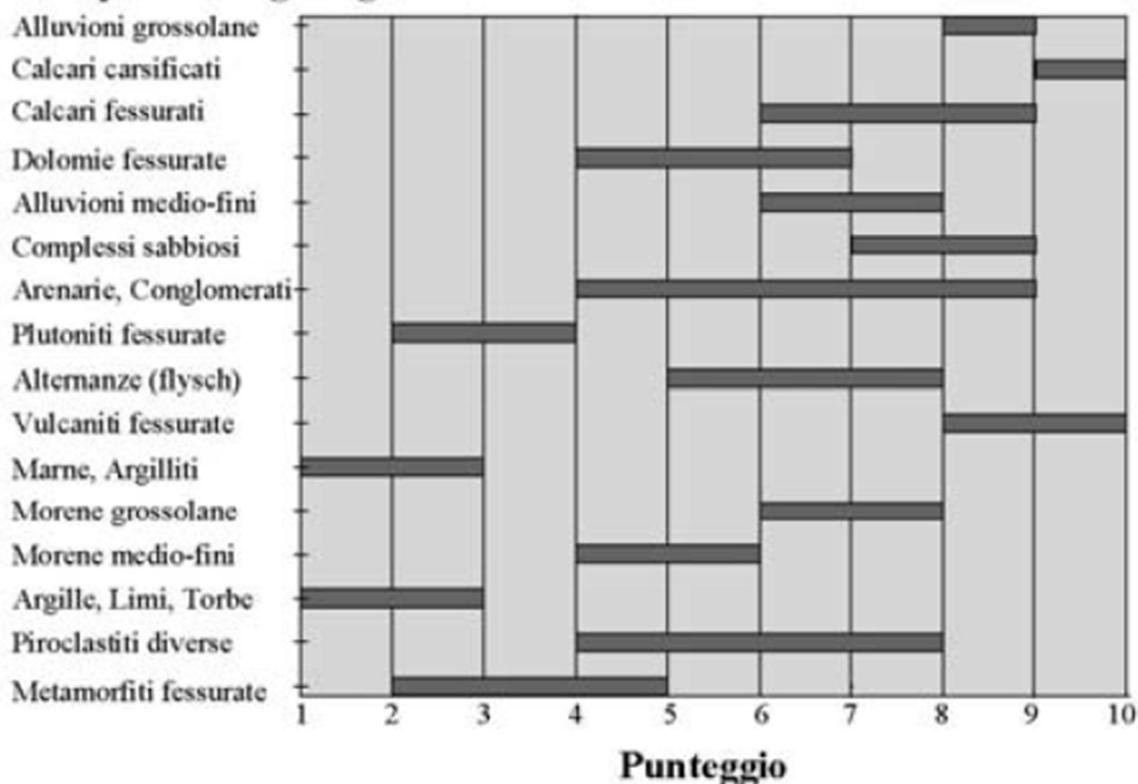


FIGURA 5-14: CARATTERISTICHE DEI COMPLESSI ROCCIOSI CONTENENTI LA ZONA SATURA DEL SISTEMA ACQUIFERO E RELATIVI PUNTEGGI.

Sulla base dei dati disponibili sono stati attribuiti i punteggi alle due litologie individuate nell'area e realizzata la carta parametrica (Figura 5-15).

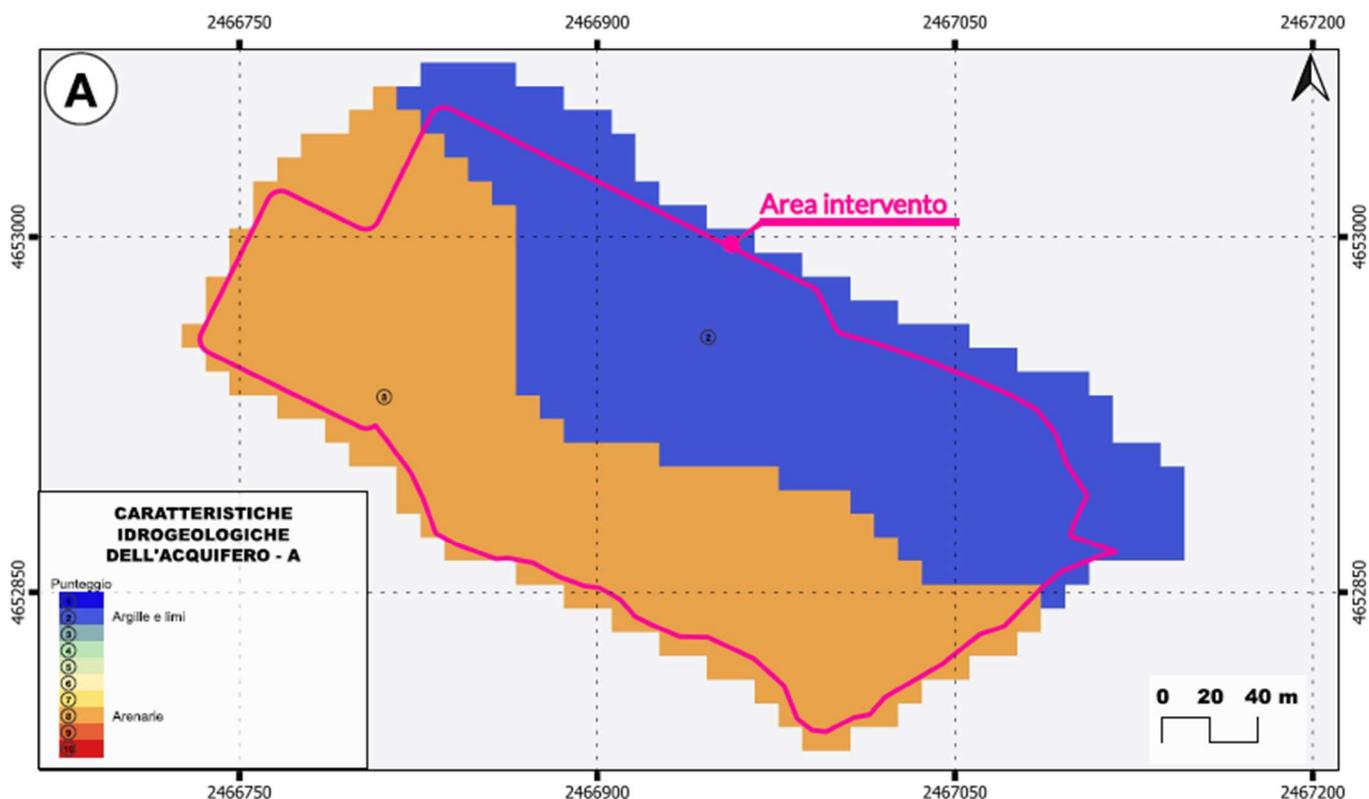


FIGURA 5-15: RISULTATO DEI PUNTEGGI ASSEGNATI AL PARAMETRO RELATIVO ALLE CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'ACQUIFERO.

### Conducibilità idraulica dell'acquifero

La conducibilità idraulica è la capacità di spostamento dell'acqua sotterranea nel mezzo saturo e, dunque, di un inquinante idroveicolato o con le stesse caratteristiche di densità dell'acqua sotterranea (Figura 5-16).

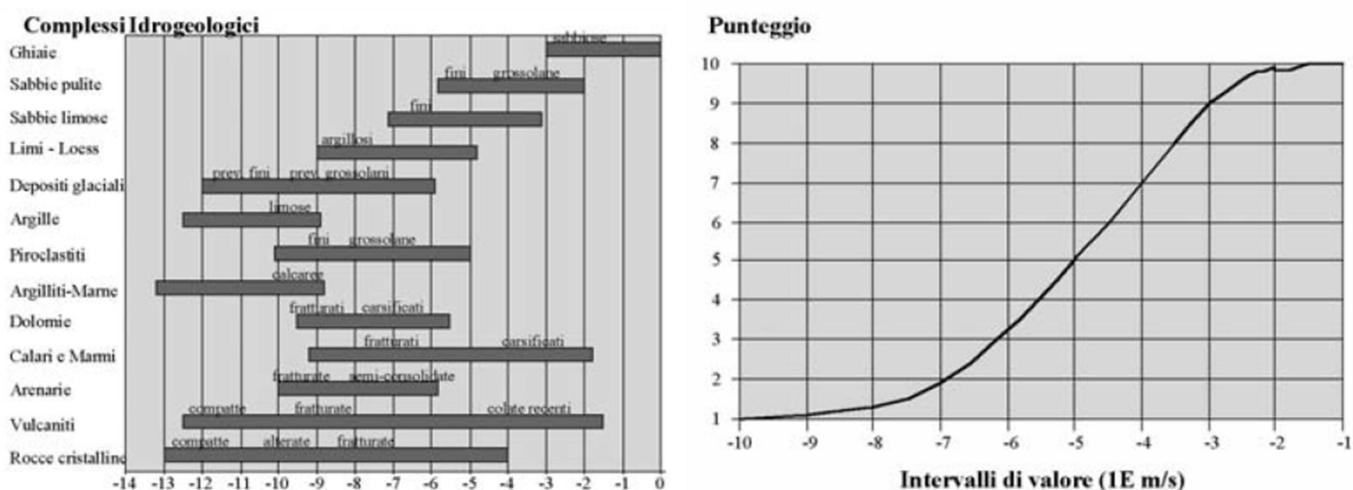
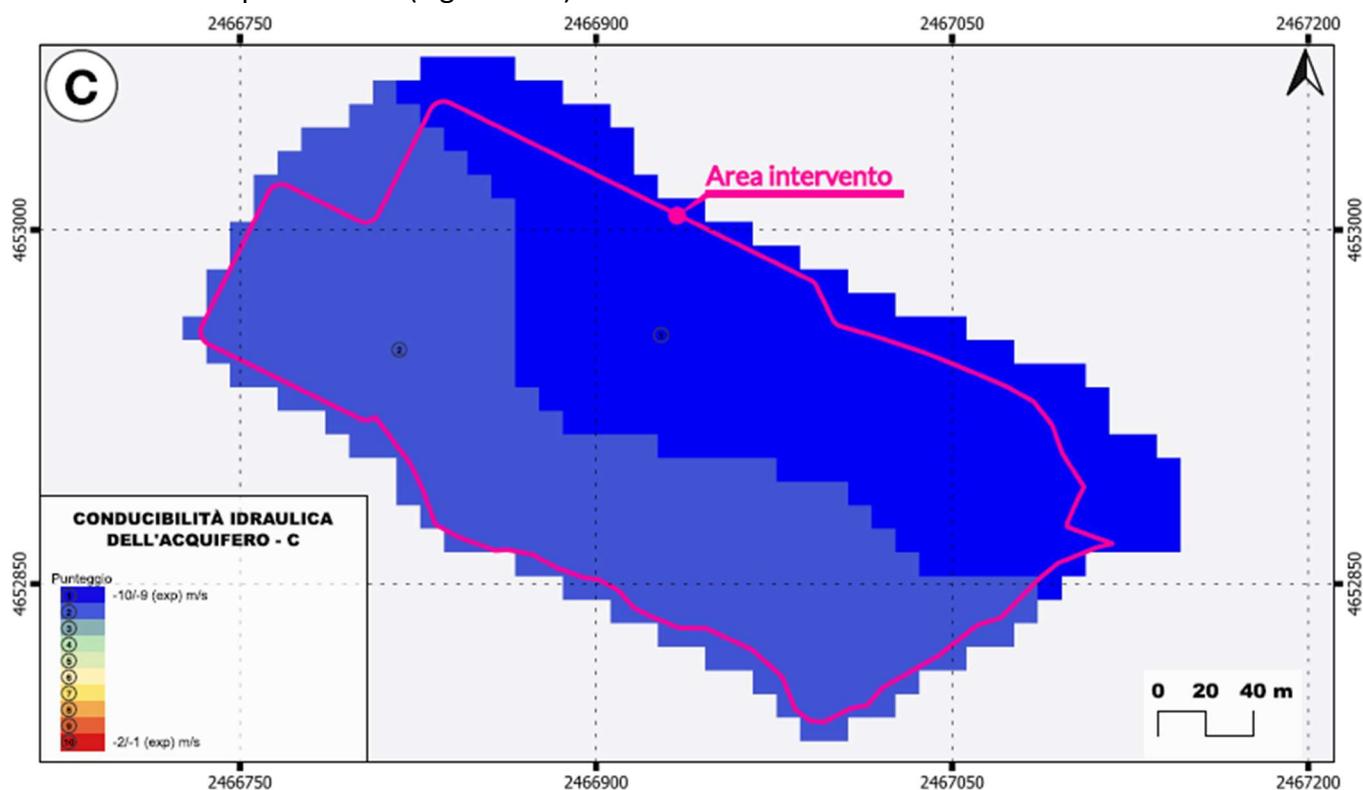


FIGURA 5-16: INTERVALLI DI CONDUCEBILITÀ IDRAULICA DEI PRINCIPALI COMPLESSI ACQUIFERI, INTERVALLI DI VALORE DELLA CONDUCEBILITÀ IDRAULICA E RELATIVI PUNTEGGI.

Sulla base dei dati disponibili sono stati attribuiti i punteggi per i due complessi individuati nell'area e realizzata la carta parametrica (Figura 5-17).



**FIGURA 5-17: RISULTATO DEI PUNTEGGI ASSEGNATI AL PARAMETRO RELATIVO ALLA CONDUCIBILITÀ IDRAULICA DELL'ACQUIFERO.**

### Superficie topografica (acclività della)

L'acclività della superficie topografica influisce sulla valutazione della vulnerabilità intrinseca soprattutto perché da essa dipende la quantità di ruscellamento che si produce a parità di precipitazione e la velocità di spostamento dell'acqua (e, dunque, di un inquinante fluido o idroveicolato) sulla superficie. (la Figura 5-18 riporta il punteggio della superficie topografica in relazione alla classe di pendenza).

### Intervalli di valore

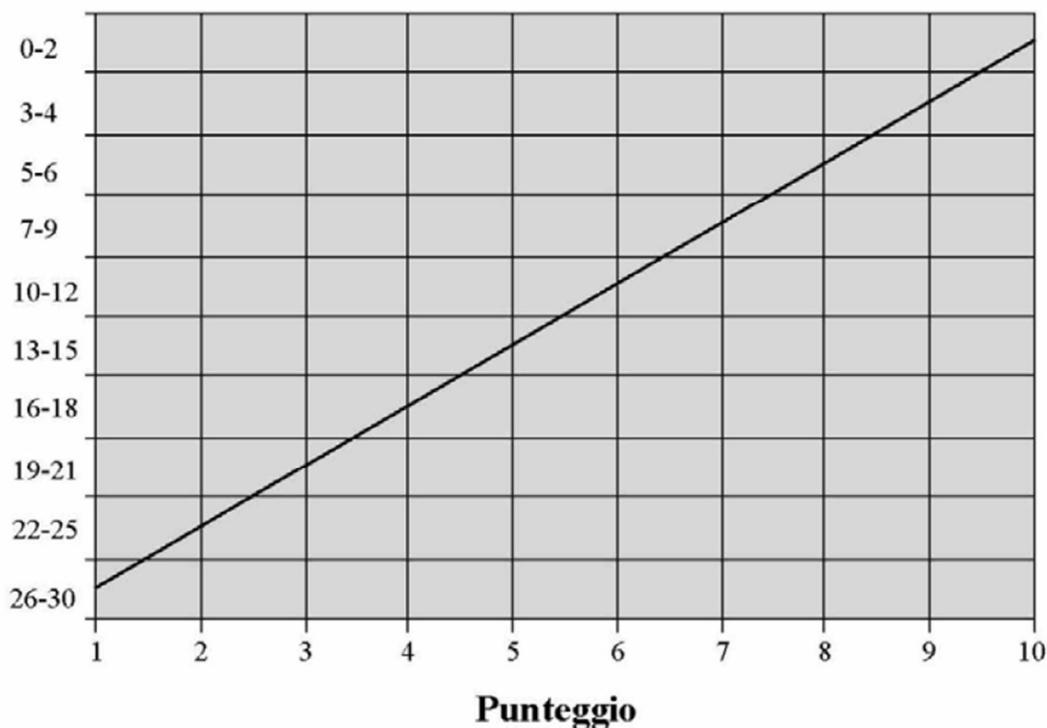
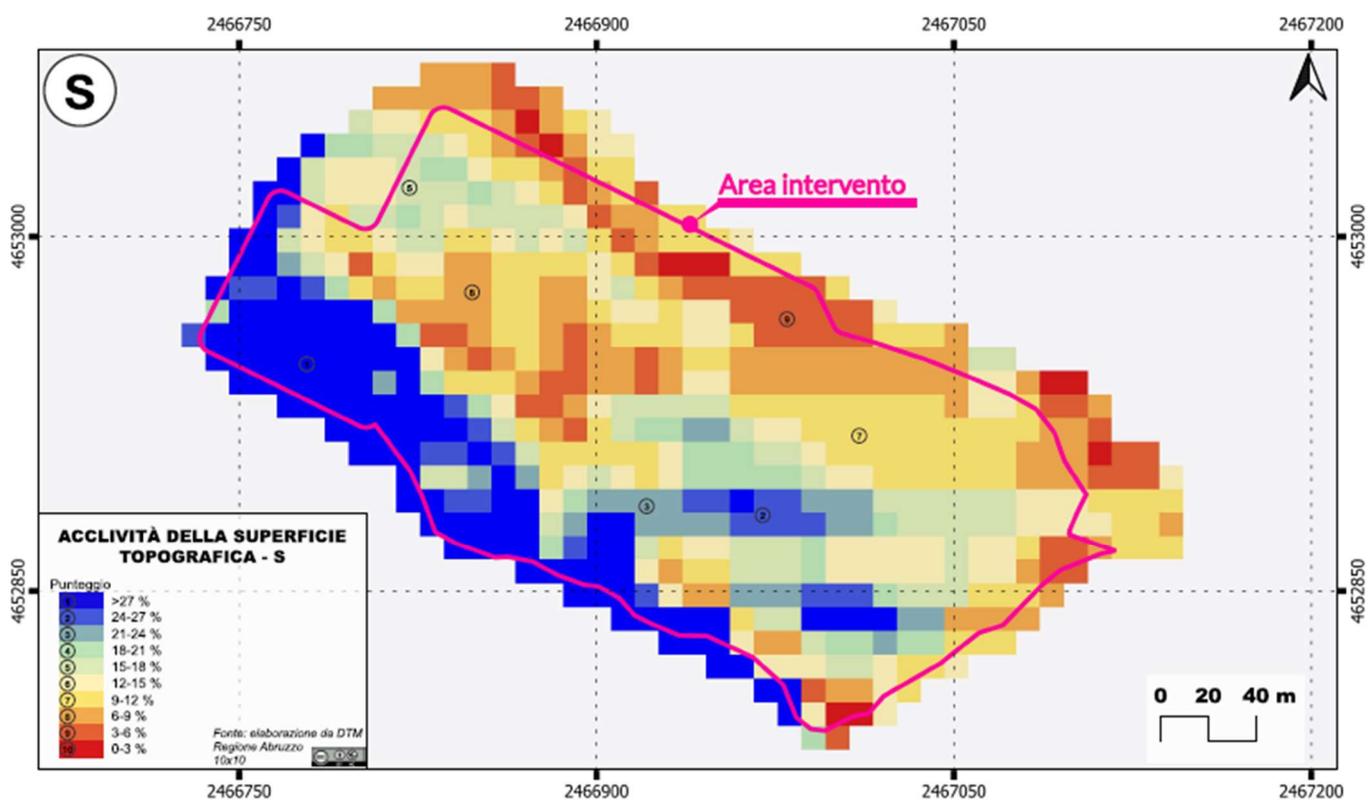


FIGURA 5-18: CLASSI DI PENDENZA E PUNTEGGIO RELATIVO.



FIGURA 5-19: FUNZIONAMENTO PER LA PRODUZIONE DELLA CARTA PARAMETRICA ACCLIVITÀ DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA.

L'acclività dell'area di studio è stata calcolata, sulla base dello schema di produzione riportato nella Figura 5-19, partendo dal DTM della regione Abruzzo (pixel 10 m) e sono stati attribuiti i punteggi per la realizzazione della relativa carta parametrica (Figura 5-20).



**FIGURA 5-20: RISULTATO DEI PUNTEGGI ASSEGNATI AL PARAMETRO RELATIVO ALL'ACCLIVITÀ DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFIA.**

### 5.1.2. Risultati

Per ciascun elemento di maglia della griglia che discretizza l'area d'interesse si calcolano i pesi relativi ai 7 parametri del metodo, si identifica una delle cinque situazioni-scenario descritte e si assume la stringa relativa.

$$I_{SINTACS} = \sum_{i=1}^7 P_i W_i$$

L'integrazione dei valori così ottenuti fornisce, per ogni maglia, un valore numerico rappresentate la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero di riferimento. Tali valori possono variare da un minimo di 26 ad un massimo di 260 punti.

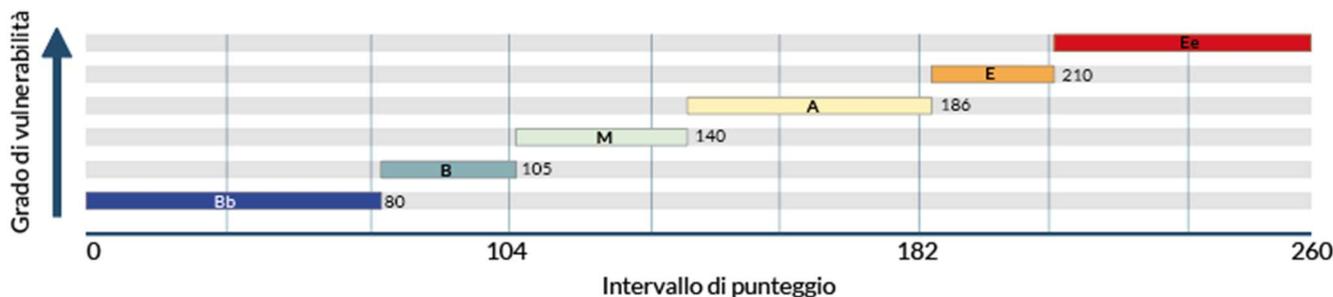


FIGURA 5-21: INTERVALLI/GRADI DI VULNERABILITÀ INTRINSECA (PUNTEGGI GREZZI), BB BASSISSIMA, B BASSA, M MEDIA, A ALTA, E ELEVATA, Ee MOLTO ELEVATA.

I valori grezzi dell'Indice sono, poi, stati normalizzati (espressi in percentuale) per ottenere il parametro SINTACS normalizzato ( $IS_n$ ):

$$IS_n = \frac{I_{SINTACS} - 26}{260 - 26} 100$$

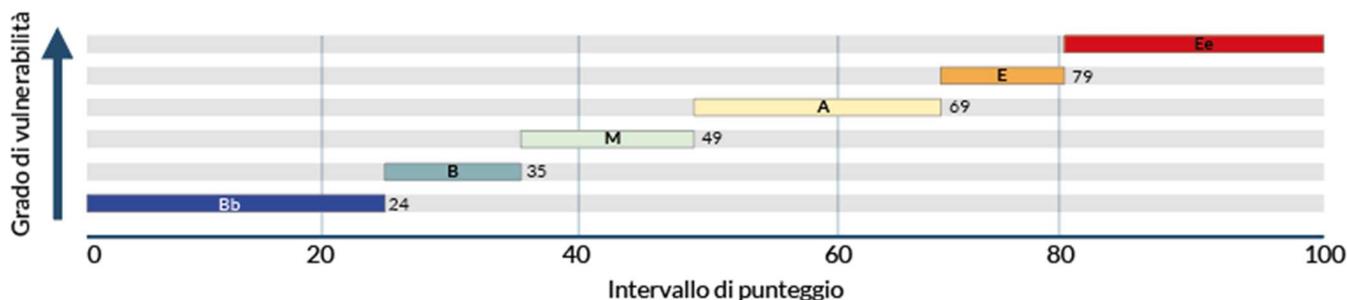
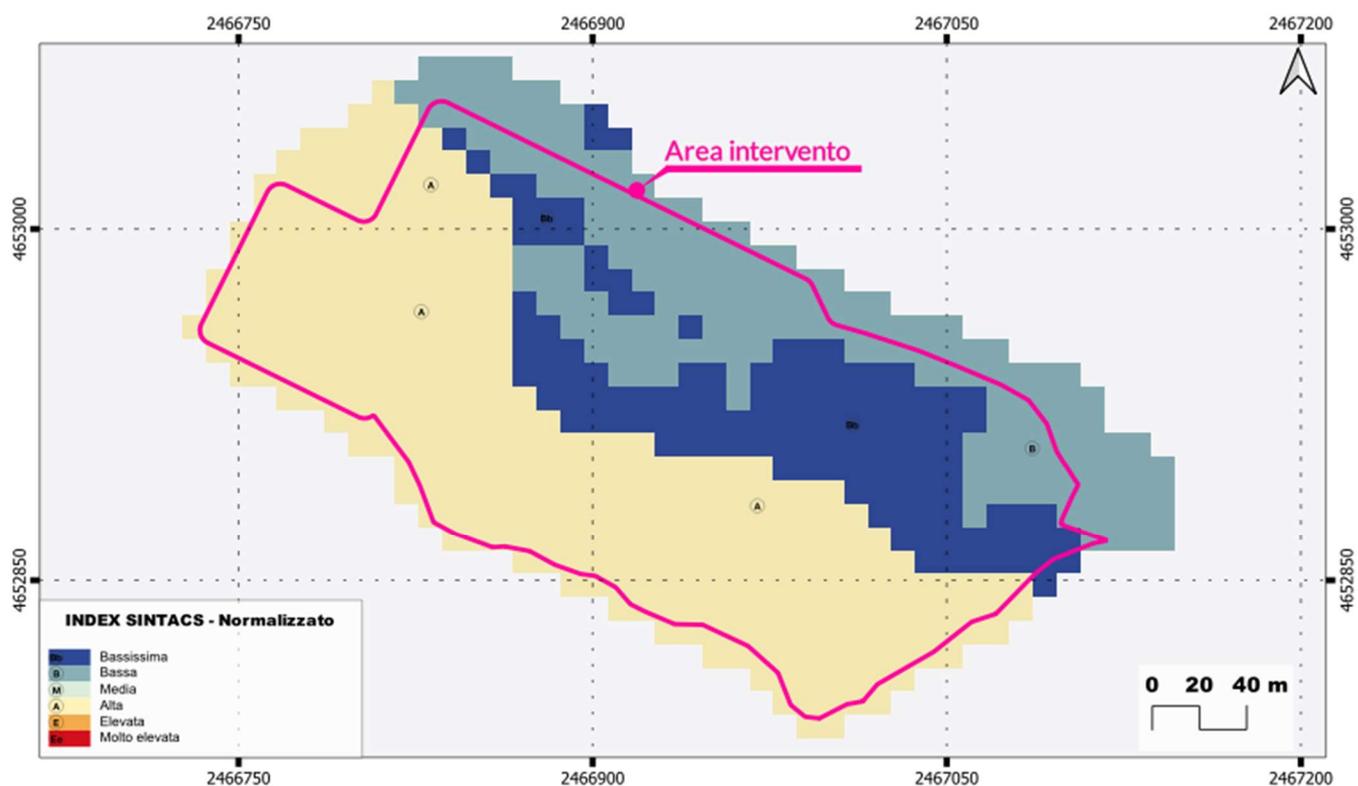


FIGURA 5-22: INTERVALLI/GRADI DI VULNERABILITÀ INTRINSECA (PUNTEGGI NORMALIZZATI) BB BASSISSIMA, B BASSA, M MEDIA, A ALTA, E ELEVATA, Ee MOLTO ELEVATA.

Ottenuto l'indice normalizzato è stato attribuito a ogni cella il codice colore relativo al grado di vulnerabilità per realizzare la Carta di Vulnerabilità (Figura 5-23). Il dettaglio della Carta è nell'Allegato G2.



**FIGURA 5-23: CARTA DELLA VULNERABILITÀ ALL'INQUINAMENTO RELATIVA AL SETTORE IN ESAME, BB BASSISSIMA, B BASSA, M MEDIA, A ALTA, E ELEVATA, EE MOLTO ELEVATA.**

La carta della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero mostra, nell'area impianto e nell'area pozzo Pallano 1-2, tre settori con gradi di vulnerabilità bassissimo, basso e alto.

- Zona a vulnerabilità bassissima: nel settore centrale e in corrispondenza dell'attuale piazzale
- Zona a vulnerabilità bassa: nel settore nord-orientale
- Zona a vulnerabilità alta: nel settore a sud-occidentale

Infine, è stata svolta un'analisi simulando un eventuale scavo di circa 5 m. Di seguito vengono esposti i risultati ottenuti (Figura 5-24).



In questo caso (scavo di circa 5 m) la carta della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero mostra nell'area impianto e nell'area pozzo Pallano 1-2 tre settori con gradi di vulnerabilità basso, alto e elevato.

- Zona a vulnerabilità bassa: nel settore nord-orientale
- Zona a vulnerabilità alta: nel settore a sud-occidentale
- Zona a vulnerabilità elevata: localmente nel settore nord-occidentale

## 6. INTERAZIONE TRA L'AREA "CAMPO POZZI MONTE PALLANO" E GLI ACQUIFERI PROFONDI

Il presente paragrafo è stato sviluppato per fornire una valutazione sulle possibili interazioni tra le acque profonde, quelle superficiali e l'area "campo pozzi Monte Pallano".

Lo studio si è basato sulle analisi delle sorgenti e sulle aree carsiche conosciute in letteratura.

I lavori bibliografici a cui si è fatto principalmente riferimento sono:

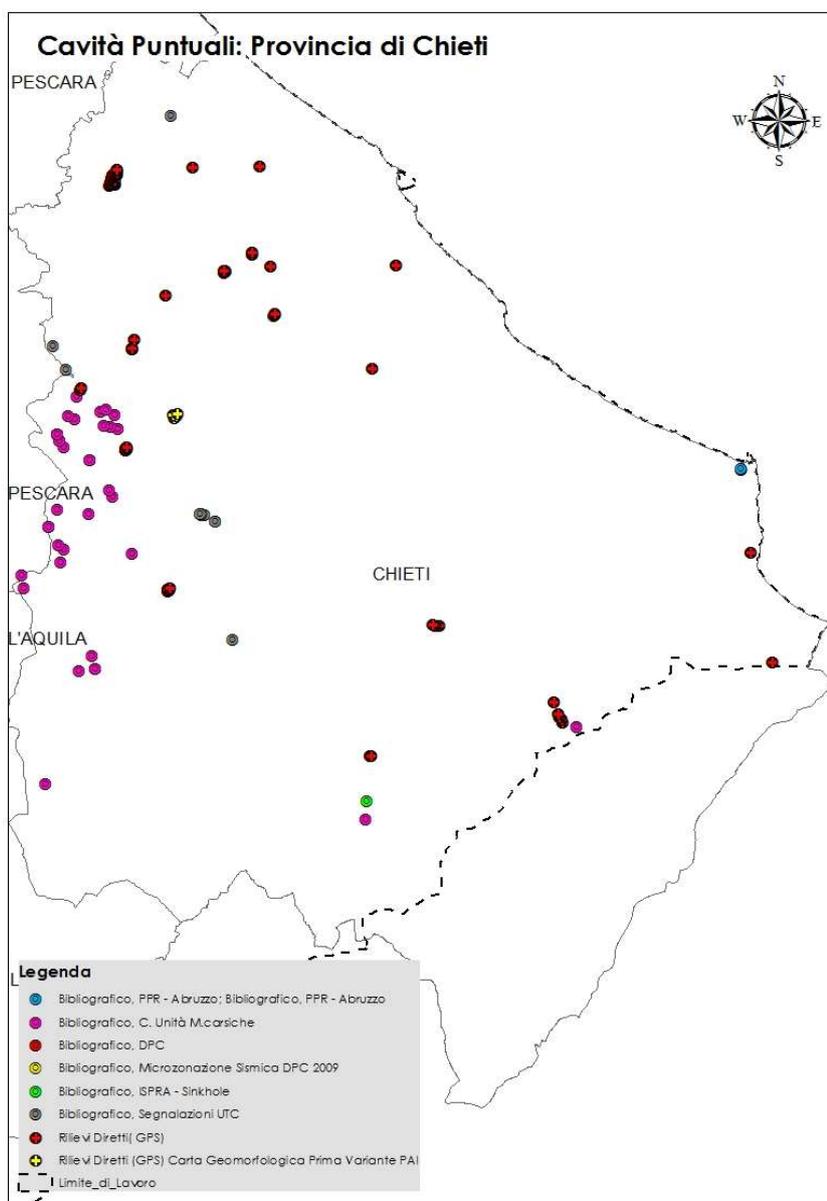
- Boni C., Bono P. & Capelli G. (1987) - Schema idrogeologico dell'Italia centrale. Mem. Soc. Geol. It., 35 (2), 991-1012.
- Desiderio G., Folchi Vici C., Nanni T., Petitta M., Ruggieri G., Rusi S., Tallini M. & Vivalda P. (2011). Schema idrogeologico dell'Italia centro adriatica. CNR GNDCI L.4 U.O. 10N
- Celico P. (1986) – Prosperezioni Idrogeologiche. Liguori Editore.
- Celico P. (1978-79) - Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale. Mem. e Note Ist. Geol. Appl. Univ. Napoli, 14, 5-97.
- Celico P. (1983) – Idrogeologia dell'Italia centro meridionale. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno 4/2.
- Mostardini F. & Merlini S. (1986) - Appennino centro meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale. Mem. Soc. Geol. It., 35, 177-202.
- Nanni T. & Rusi S. (2003): Idrogeologia del massiccio carbonatico della Maiella (Abruzzo). Boll. Soc. Geol. It. 122 (2), 173-202.
- Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N. & Santini U. (1991) - La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise. Studi Geol. Camerti, Vol. spec. 1991/2 CROP11, 417-441.
- Desiderio G., Rusi S. & Tatangelo, F. (2007). Multidisciplinary approach in the hydrogeologic and hydrogeochemical analysis of the Sangro alluvial valley (central Italy). Geol. Tec. E Ambient. 3, 35–57.
- Desiderio G., Rusi S. & Tatangelo, F. (2010). Hydrogeochemical characterization of Abruzzo groundwaters and relative anomalies. Ital. J. Geosci., 129, 207–222.
- Burri E., Agostini S., Celico P., Iacovone D. & Romano B. (2005). Carta delle Unità morfocarsiche della Regione Abruzzo, scala 1:200.000. Società Speleologica Italiana.
- Regione Abruzzo (2017). Adozione del Progetto di Variante Parziale del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico "fenomeni gravitativi e processi erosivi" riferito ai bacini di rilievi regionale dell'Abruzzo e al territorio regionale ricompreso nel Bacino interregionale del Fiume Sangro. (D.G.R. 355 del 29.06.2017). Servizio Difesa del Suolo Regione Abruzzo.
- ISPRA – "Progetto sinkholes". <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/progetti/il-progetto-sinkhole>

In riferimento alle aree carsiche, il numero delle cavità censite derivante dai dati forniti dall’Autorità di Bacino e quelli reperiti in bibliografia è stato filtrato attraverso l’incrocio con gli “Elementi di valore”, presenti nella “CARTA DEGLI INSEDIAMENTI URBANI ED INFRASTRUTTURALI” scala 1:25.000 (Regione Abruzzo, 2005), presenti sul territorio. Tale operazione ha permesso di aggiornare il database regionale relativo al censimento delle cavità naturali e antropiche come sintetizzato in Tabella 6-1 e illustrato in Figura 6-1.

**Tabella 6-1: Cavità totali, cavità naturali e cavità antropiche (che intercettano gli “elementi di valore”), suddivise per ambito provinciale (Regione Abruzzo, 2017).**

N.B.: 286 cavità antropiche sono localizzate in corrispondenza di centri urbani, in giallo evidenziata la provincia di riferimento dell’area di studio

Province	Cavità totali da AdB	Cavità “naturali” da AdB	Cavità antropiche da AdB (che intercettano “elementi di valore”)
L'Aquila	398	70	328
<b>Chieti</b>	<b>128</b>	<b>44</b>	<b>84</b>
Pescara	83	22	61
Teramo	116	38	78
<b>Totale</b>	<b>725</b>	<b>174</b>	<b>551</b> (di cui 286 sono localizzate su centri urbani)



**FIGURA 6-1: DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLE CAVIT  NATURALI E ANTROPICHE CENSITE NELLA PROVINCIA DI CHIETI (REGIONE ABRUZZO, 2017).**

In sintesi,   evidente che nell’area di studio sono state riconosciute e censite un numero piuttosto esiguo di cavit  carsiche.

Il Bacino idrogeologico dell’acquifero della Maiella   rappresentato dai complessi della successione carbonatica (Nanni et alii, 2011), che seppur non direttamente affioranti nel settore di intervento, costituiscono importanti idrostrutture che influenzano direttamente e indirettamente la circolazione idrica superficiale dell’area in esame. L’idrostruttura della Maiella   delimitata ad est da depositi pelitici di avanfossa a bassa permeabilit , con contatto di tipo stratigrafico a sud, tettonico nella parte centrale e trasgressivo, sebbene fagliato in profondit  (Nanni & Rusi 2003). A nord-ovest i litotipi calcarei

immergono al di sotto dei depositi mio-pleistocenici, mentre ad ovest il confinamento avviene con il contatto di tipo tettonico con i depositi terrigeni prevalentemente argillosi (Nanni & Rusi 2003). Infine, a sud, un sovrascorrimento pone a contatto la successione carbonatica del Monte Porrara con quella della Maiella. Le due strutture sono separate idraulicamente dai litotipi miocenici a bassa permeabilità affioranti nella zona di contatto (Donzelli, 1998; Vezzani & Ghisetti, 1998; Catenacci, 1974; Nanni & Rusi 2003).

L'acquifero della Maiella è rappresentato dai Calcari fratturati costituiti da unità calcirudite, calcarenitiche e calcilutitiche associabili agli ambienti deposizionali carbonatici del sistema "Piattaforma-scarpata-bacino" presente nell'area abruzzese fino al Paleocene e dal sistema "Piattaforma-rampa carbonatica" del Paleocene al Miocene. Il complesso carbonatico presenta un diffuso reticolo di pori e fratture, anche di notevoli dimensioni che favorisce dinamiche di infiltrazione particolarmente intense, dando origine ad un esteso e ramificato reticolo carsico, ancora in piena evoluzione. Le acque che si infiltrano nel complesso possono dunque alimentare l'eventuale falda regionale, oppure, in presenza di livelli meno permeabili, possono dar luogo a falde sospese che alimentano sorgenti in quota con portate massime di oltre 10 l/s.

L'abbondante infiltrazione alimenta falde imponenti che saturano la base delle strutture carbonatiche principali e drenano, con moto lento, verso le grandi sorgenti di sfioro della falda regionale poste alla periferia dei sistemi carsici. Si tratta di sorgenti caratterizzate da portate medie di centinaia o migliaia di l/s. Infine, per le valutazioni qualitative inerenti alla interazione sono stati analizzati un totale di 16 pozzi profondi/petroliferi, riportati nella tabella di seguito.

<b>Tabella 6-2 - Progetto ViDEPI - Visibilità dei dati afferenti all'attività di esplorazione petrolifera in Italia</b> <a href="https://www.videpi.com/videpi/pozzi/consultabili.asp">https://www.videpi.com/videpi/pozzi/consultabili.asp</a> . ENI, 1972. Acque dolci sotterranee. Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca di Idrocarburi in Italia.					
N	Pozzo	Quota Tavola rotary [m s.l.m.]	Profondità Vuoti [m]	Profondità Acqua [m]	Note
1	Archi 1	460	Assente	183-191 216-226 241-246 259-266 326-351	Acqua dolce
2	Bomba 1	187,9	Assente	1900-1940 (Fondo foro)	Acqua dolce
3	Bomba 2	361,9	Assente	1455-1510 (Fondo foro)	Acqua dolce
4	Bomba 3	204,3	Assente	1304-1351 (Fondo foro)	Acqua dolce
5	Bomba 4	618	Assente	Assente	
6	Bomba 6	193,2	Assente	Assente	

**Tabella 6-2 - Progetto ViDEPI - Visibilità dei dati afferenti all'attività di esplorazione petrolifera in Italia**

(<https://www.videpi.com/videpi/pozzi/consultabili.asp>). ENI, 1972. Acque dolci sotterranee. Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca di Idrocarburi in Italia.

N	Pozzo	Quota Tavola rotary [m s.l.m.]	Profondità Vuoti [m]	Profondità Acqua [m]	Note
7	Bomba 7	232,20	Assente	1425-1478 (Fondo foro)	Acqua dolce
8	Fara 1	298,2	Assente	Assente	
9	Fontemaggiore 1 dir	749,9	Assente	Assente	
10	Fontemaggiore 2 dir	750,4	Assente	2094-2130	Acqua salmastra
11	Morgia 1 dir	552,9	Assente	2250 1	Acqua dolce
12	Pennadomo 1	671,9	Assente	Assente	
13	Pennadomo 2	853,43	Assente	Assente	
14	Pennadomo 3	473,85	Assente	1567,5-1595	Acqua salata
15	Sangro 1		Dato mancante		Pozzo non presente in ViDEPI e nel Volume ENI
16	Torricella Peligna 1	824,8	Assente	1661-1795	Acqua salata
17	Torricella Peligna 2	774,95	Assente	1927-2962	Acqua salata

<sup>1</sup> Limite superiore e inferiore non determinabili da stratigrafia (1799-2703).

Tra i 16 pozzi profondi analizzati, i pozzi aventi indicazioni sulla presenza di acqua, riportati in verde nella tabella, sono 7; mentre quelli non aventi indicazioni sulla presenza di acqua, riportati in giallo nella tabella, sono 6. Nei pozzi è stata analizzata inoltre la presenza di condotti carsici o vuoti; in nessuno di essi è stata indicata.

Il giacimento di gas naturale "Colle Santo" è un reservoir individuabile all'interno di una struttura anticlinale costituita, nei livelli mineralizzati e produttivi, da calcari fratturati detritico-organogeni di piattaforma carbonatica del Cretacico superiore posti ad oltre circa 1300 m di profondità dal piano campagna. La successione stratigrafica continua verso l'alto con calcari marnosi di piattaforma carbonatica aperta del Miocene superiore-medio, anidriti con intercalazioni marnose del Messiniano, argille del Pliocene inferiore, la spessa serie alloctona del Serravalliano e le coperture quaternarie.

Il possibile collegamento profondo legato a grandi campi carsici ipogei con il reservoir risulta di difficile compimento e altamente improbabile in relazione all'assetto geologico strutturale.

Le strutture permeabili profonde della Maiella e il reservoir nei pressi di Monte Pallano sono caratterizzate dalla presenza di continui intervalli litologici costituiti da marne e argille tettonizzate a bassa o bassissima permeabilità che fungono da nette barriere idrauliche.

In tale contesto, gli effetti che l'abbassamento del livello di fluidi nel giacimento comporterebbe al carico idraulico dell'idrostruttura della Maiella avverrebbero in tempi molto lunghi.

Come già riportato nella relazione “CersGeo, (“Studio propedeutico sugli effetti sulle sorgenti basali ed in quota della Montagna della Majella” 2012), l’ipotesi di maggiore impatto sulle sorgenti basali della Maiella prevede che l’intero volume di svuotamento del reservoir sia **interamente, completamente e repentinamente** compensato solo dalle risorse idriche permanenti e dinamiche della Maiella, intesa come struttura idrogeologica in affioramento. Tale ipotesi è di difficile compimento.

**Si riportano qui di seguito anche le loro indicazioni:** *“In tale ipotesi lo svuotamento nell’anno massimo sarebbe di 0,046 m<sup>3</sup>/s ovvero 966.000 m<sup>3</sup>/a. L’immagazzinamento dinamico (ovvero la portata complessiva delle sorgenti basali) della sola struttura della Maiella ammonta invece a circa 8 m<sup>3</sup>/s (250 106 m<sup>3</sup>/a) acclarato da diversi autori (Celico, 1983; Boni e al., 1986; Nanni e Rusi, 2003; Desiderio et al. 2011). La percentuale di svuotamento dell’acquifero della Maiella dovuto al rimpiazzamento nel reservoir sarebbe dunque dello 0,57 % ovvero la portata delle sorgenti basali della struttura della Maiella diminuirebbe dello 0,57 % rispetto alla media. Tale dato sottolinea che, anche nella scarsissima o nulla probabilità di esistenza della ipotesi 1, che la diminuzione rientrerebbe abbondantemente nei limiti di approssimazione delle misure di portata delle sorgenti. Allo stato attuale delle conoscenze e della tecnica l’approssimazione nelle misure di portata ammonta a  $\pm 5\%$  ma più correntemente a  $\pm 10\%$  della misura stessa. Nel caso della Maiella l’approssimazione delle misure sarebbe del 5% di 8 m<sup>3</sup>/s, ovvero 0,4 m<sup>3</sup>/s. Tale quantità risulta essere 10 volte superiore allo svuotamento indotto dall’estrazione che è pari a 0,046 m<sup>3</sup>/s.”*

L’ipotesi, sebbene da verificare in approfonditi studi durante l’estrazione, e sebbene quantitativamente irrilevante, non è plausibile dal momento che comporterebbe la presenza di un condotto sotterraneo diretto dalla Maiella al reservoir di Monte Pallano che non esiste per motivi geologici, geometrici e idraulici e soprattutto non è presente in nessuna linea sismica studiata o in nessun pozzo analizzato.

## 7. CONCLUSIONI

Il presente studio ha permesso di definire le caratteristiche idrogeologiche peculiari dell'area di studio e di individuare, per grandi linee, il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse. Nel settore che va dalla sommità di Monte Pallano fino al fondovalle del Fiume Sangro sono stati individuati cinque complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza.

Il principale serbatoio di risorse idriche sotterranee è rappresentato dai litotipi riferibili al "*Complesso calcareo e calcareo-marnoso*" affioranti nel settore medio-alto del rilievo, la cui circolazione, eterogenea ed anisotropa, è direttamente influenzata dal locale stato di fessurazione e carsificazione dell'ammasso, nonché dalla presenza di elementi tettonici quali faglie e fratture. I corpi idrici qui contenuti presentano una comunicazione idraulica a luoghi diretta con l'ammasso del "*Complesso argilloso, calcareo, marnoso*" sottostante.

Infatti, i litotipi del "*Complesso argilloso, calcareo, marnoso*" sono caratterizzati da una permeabilità variabile in base al litotipo incontrato e allo stato di fessurazione che lo contraddistingue. Laddove prevalgono i depositi pelitici o comunque litotipi poco o per niente fratturati, il presente ammasso funge da *aquitard*, favorendo il confinamento dei corpi idrici contenuti nell'acquifero sovrastante e la formazione di sorgenti come nei pressi del nucleo abitativo di Sambuceto (frazione di Bomba) o dei versanti orientali e settentrionali di Monte Pallano. In presenza di litotipi maggiormente fratturati, questo complesso presenta una modesta permeabilità che consente una limitata circolazione di fluidi al proprio interno e mantenendo una comunicazione idraulica con il sovrastante acquifero calcareo. In generale, va comunque specificato che indipendentemente dalle caratteristiche di permeabilità di questo complesso, la presenza in alto di un importante acquifero (*Complesso calcareo e calcareo-marnoso*) drenante verso il basso e di un acquiclude (*Complesso argilloso-marnoso*) tamponante alla base, ha favorito la progressiva saturazione del *Complesso argilloso, calcareo, marnoso* che pertanto, sulla base di quanto detto, contiene risorse idriche seppur con una circolazione sotterranea piuttosto limitata.

Immediatamente in basso, i litotipi del "*Complesso argilloso-marnoso*", a causa di una permeabilità molto bassa o nulla, rappresentano degli *aquiclude* di notevole importanza per tutti i corpi idrogeologici limitrofi, tamponando alla base le falde contenute nei sovrastanti litotipi (*Complesso argilloso, calcareo, marnoso* e *Complesso calcareo e calcareo-marnoso*). Il complesso si presenta saturo ma è privo di circolazione idrica sotterranea.

L'andamento delle falde e i principali assi di drenaggio sono controllati dagli elementi tettonici e dallo stato di fratturazione dell'ammasso. I più importanti limiti di permeabilità sono rappresentati dai due sovrascorrimenti orientati circa NNW-SSE che mettono a contatto nel settore medio-alto del versante il "*Complesso calcareo e calcareo-marnoso*" permeabile con il sottostante "*Complesso argilloso, calcareo, marnoso*" meno permeabile, e nel settore medio-basso del versante quest'ultimo complesso con il sottostante "*Complesso argilloso-marnoso*" impermeabile. Considerata la geometria sub-orizzontale del primo elemento tettonico posto a quote più alte e l'immersione circa a ENE del sovrascorrimento che

delimita inferiormente ed in modo definitivo dal punto di vista idraulico i corpi idrici del Monte Pallano, è possibile definire una circolazione idrica sotterranea drenante prevalentemente verso nord e verso est e solo in minor modo verso ovest e verso sud. Tale condizione è supportata dalla presenza di sorgenti in maggior numero sul versante orientale e nord-orientale del Monte Pallano, tra le località di Tornareccio e Pianello. Le sorgenti si rinvennero prevalentemente in corrispondenza della variazione di pendenza posta alla base dell'ammasso calcareo e calcareo-marnoso (*Complesso calcareo e calcareo-marnoso*) e che segna il passaggio in basso verso litotipi argillosi, marnosi e calcarei meno permeabili (*Complesso argilloso, calcareo, marnoso*). Lo stesso assetto strutturale caratterizza e influenza la presenza di alcune sorgenti sul versante meridionale di Monte Pallano nei pressi della località San Giovanni. Sul versante occidentale di Monte Pallano, invece, risultano censite unicamente due sorgenti poco a monte della frazione Sambuceto.

Una circolazione idrica di minore importanza, superficiale e influenzata dai cicli stagionali è quella che avviene all'interno dei depositi di copertura di versante (*Complesso dei depositi di copertura*). Questi depositi sono caratterizzati da una permeabilità variabile da bassa a media e, specialmente quando presentano spessori pluridecimetri, come nell'area di progetto, favoriscono la circolazione di corpi idrici sotterranei. La presenza di una falda all'interno di questi depositi è quindi favorita, nel settore medio-basso del versante occidentale di Monte Pallano, dalla presenza sottostante del "*Complesso argilloso-marnoso*", che, tamponando alla base l'acquifero, non permette un deflusso verso il basso dei corpi idrici. L'alimentazione degli acquiferi dei depositi di copertura avviene sia attraverso le precipitazioni meteoriche che attraverso scambi idrici diretti con i litotipi del "*Complesso calcareo e calcareo-marnoso*" e del "*Complesso argilloso, calcareo, marnoso*" affioranti o posti immediatamente sotto le coltri di copertura nel settore medio-alto del versante di Monte Pallano.

Per quanto detto, è possibile quindi escludere qualsiasi interazione diretta tra la falda di Monte Pallano contenuta nell'acquifero del *Complesso calcareo e calcareo-marnoso* e l'area di progetto. Infatti, il substrato pelitico impermeabile (*Complesso argilloso-marnoso*) che caratterizza l'area dell'impianto in progetto non permette alcuna comunicazione idraulica con l'acquifero del *Complesso calcareo e calcareo-marnoso*.

Allo stesso modo, la spessa successione pelitica impermeabile (*Complesso argilloso-marnoso*) rappresenta una barriera idraulica tra il corpo idrico di Monte Pallano e il reservoir carbonatico posto ad oltre 1300 m di profondità. Anche in questo caso, la presenza di litotipi impermeabili posti tra i calcari del reservoir e i calcari di Monte Pallano non permette alcuna connessione idraulica tra i due ammassi.

Relativamente all'area dell'impianto, i depositi di copertura posti in appoggio sul substrato impermeabile possono contenere corpi idrici a carattere stagionale privi di importanza significativa. Le misure del livello piezometrico effettuate nei fori di sondaggio attrezzati con piezometro nel settore di stretto interesse progettuale hanno evidenziato la presenza di una falda posta a pochi metri dal piano campagna. Preso atto della presenza di tale tipo di falda, è stata effettuata un'analisi di vulnerabilità per valutare la

vulnerabilità intrinseca o naturale dell'acquifero dei depositi di copertura specificatamente per l'area di stretto interesse progettuale (area pozzi, area impianto, area di cantiere, viabilità di accesso).

Il metodo utilizzato in questo lavoro per la valutazione della vulnerabilità dell'acquifero è stato il metodo parametrico SINTACS Release 5 (Civita & de Maio 2000) considerato il più idoneo per il territorio italiano. In particolare, il metodo prevede di selezionare i parametri, assegnare ai parametri un punteggio, infine tali punteggi sono moltiplicati per stringhe di pesi che descrivono la situazione idrogeologica e/o l'impatto. I parametri presi in considerazione sono soggiacenza, infiltrazione efficace, non saturo, tipologia della copertura, acquifero, conducibilità idraulica e superficie topografica. I valori ottenuti per ogni parametro, sommati, sono quindi normalizzati per ottenere infine un grado di vulnerabilità classificabile da bassissima a molto elevata. L'analisi ha permesso di suddividere l'area in tre settori con gradi di vulnerabilità bassissimo, basso e alto.

- Zona a vulnerabilità bassissima: nel settore centrale e in corrispondenza dell'attuale piazzale
- Zona a vulnerabilità bassa: nel settore nord-orientale
- Zona a vulnerabilità alta: nel settore sud-occidentale

Inoltre, è stata svolta un'analisi simulando un eventuale scavo di circa 5 m. In questo caso la carta della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero mostra nell'area impianto e nell'area pozzo Pallano 1-2 tre settori con gradi di vulnerabilità basso, alto ed elevato.

- Zona a vulnerabilità bassa: nel settore nord-orientale
- Zona a vulnerabilità alta: nel settore sud-occidentale
- Zona a vulnerabilità elevata: localmente nel settore nord-occidentale.

Dei risultati di tale valutazione di vulnerabilità bisognerà tener conto nelle successive fasi progettuali, così da evitare interferenze che possano determinare impatti sulle acque sotterranee sia in fase costruttiva che in fase operativa dell'impianto.

Infine, è stata analizzata la possibile interazione profonda dal punto di vista idrogeologico tra il giacimento di Colle Santo e l'idrostruttura della Maiella. Dall'analisi si evince che il possibile collegamento profondo legato a grandi campi carsici ipogei dell'area abruzzese centro-orientale con il reservoir risulta di difficile compimento e altamente improbabile in relazione all'assetto geologico strutturale. Inoltre, le strutture permeabili profonde della Maiella e il reservoir nei pressi di Monte Pallano sono caratterizzate dalla presenza di continui intervalli litologici costituiti da marne e argille tettonizzate a bassa o bassissima permeabilità che fungono da nette barriere idrauliche, ostacolando fortemente gli scambi idraulici tra le due zone distinte. A supporto di tali elementi, lo "Studio propedeutico sugli effetti sulle sorgenti basali ed in quota della Montagna della Majella" (CersGeo 2012) evidenzia come nella peggiore delle ipotesi, in cui l'intero volume di svuotamento del reservoir sia interamente, completamente e repentinamente compensato solo dalle risorse idriche permanenti e dinamiche della Maiella, la portata delle sorgenti basali della struttura della Maiella diminuirebbe dello 0,57 % rispetto alla media. Un dato trascurabile se consideriamo che la diminuzione rientrerebbe abbondantemente nei limiti di approssimazione delle misure di portata delle sorgenti. L'ipotesi, sebbene da verificare in approfonditi studi durante l'estrazione,

e sebbene quantitativamente irrilevante, non è plausibile dal momento che comporterebbe la presenza di un condotto sotterraneo diretto dalla Maiella al reservoir di Monte Pallano che non esiste per motivi geologici, geometrici e idraulici e soprattutto non è presente in nessuna linea sismica studiata o in nessun pozzo analizzato.

## Normativa di riferimento

- L. n. 319 del 10/05/1976 “Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento”;
- D.P.R. n. 236 del 24/05/1988 "Attuazione della direttiva n. 80/778/CEE concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183”;
- D.Lgs n. 132 del 27/01/1992 “Attuazione della direttiva n. 80/68/CEE concernente la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose”;
- D.Lgs. n. 133 del 27/01/1992 “Attuazione delle direttive n. 76/464/CEE, n. 82/176/CEE, n. 83/513/CEE, n. 84/156/CEE, n. 84/491/CEE, n. 88/347/CEE e n. 90/415/CEE in materia di scarichi industriali di sostanze pericolose nelle acque”;
- D.M. n. 471 del 25/10/1999 “Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni”;
- D.Lgs n. 258 del 18/08/2000 “Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128”;
- D.lgs. n. 152 del 03/04/2006: “Norme in materia ambientale” e s.m.i..

## Bibliografia

- Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, 2001. Linee-guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Manuali e linee guida 04/2001.
- Boni C.F., Bono P., Capelli G. (1987). Schema idrogeologico dell'Italia centrale - A) Carta idrogeologica (scala 1:500.000); B) Carta idrologica (scala 1:500.000); C) Carta dei bilanci idrogeologici e delle risorse idriche sotterranee (scala 1:1.000.000) – Mem. Soc. Geol. It. , 35 (2): 991-1012.
- Celico P., 1983. Idrogeologia dell'Italia centro meridionale. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno 4/2.
- Centro Ricerche e Studi sperimentali per le Geotecnologie ,2012. Studio propedeutico sugli effetti sulle sorgenti basali ed in quota della Montagna della Maiella” del Centro Ricerche e Studi sperimentali per le Geotecnologie
- Civita M., 1987. La previsione e la prevenzione del rischio d'inquinamento delle acque sotterranee e a livello regionale mediante le Carte di Vulnerabilità. Atti del Convegno "Inquinamento delle acque sotterranee: previsione e prevenzione", Mantova 7-18.
- Civita M., 1994. Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica. Pitagora Editrice, Bologna.
- Civita M., de Maio M., 1995. SINTACS Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia e automazione. Pitagora Editrice, Bologna, 1991.

- Civita M., de Maio M., 2000. SINTACS R5-Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico. Pitagora Bologna, 226.
- Civita M., De Maio M., Berberi F., 1997. Sintacs: un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: metodologia e automatizzazione. Pitagora Editrice, Bologna.
- Desiderio G., Folchi Vici C., Nanni T., Petitta M., Ruggieri G., Rusi S., Tallini M., Vivalda P., 2011. Schema idrogeologico dell'Italia centro-adriatica. CNR GNDCI L.4 U.O. 10N.
- Nanni T., Rusi S. (2003). Idrogeologia del massiccio carbonatico della Majella (Appennino centrale). Bol. Soc. Geol. It., 122/1, 173-202.

## ALLEGATO G1 - Carta idrogeologica e sezioni idrogeologiche

## ALLEGATO G2 - Carta di Vulnerabilità

## ALLEGATO G3 – Indagini geofisiche

TAV. 01 – INDAGINE DI TOMOGRAFICA ELETTRICA -E.R.T.1

TAV. 02 – INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA - E.R.T.2 E E.R.T.2