



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU



**Mims**  
Ministero delle infrastrutture  
e della mobilità sostenibili

**Piano Nazionale per la Ripresa e  
Resilienza  
M2C4 - I4.1**

*"Investimenti in Infrastrutture idriche primarie  
per la sicurezza dell'approvvigionamento idrico"*

**RECUPERO DI BACINI DI EX CAVA IN DESTRA IDRAULICA DEL FIUME  
MARECCHIA, CON FUNZIONE DI STOCCAGGIO PER SOCCORSO E  
DISTRIBUZIONE IRRIGUA SULLA BASSA VALMARECCHIA, LAMINAZIONE  
DELLE PIENE ED USO AMBIENTALE**

**Codice Intervento: PNRR-M2C4-I4.1-A1-3**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Importo progetto € 15.000.000,00

C.U.P. I61B20001260001



**RELAZIONE IDROGEOLOGICA**

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Andrea Cicchetti

PROGETTISTA GENERALE DELL'OPERA  
Ing. Alberto Vanni

CONSULENZA SPECIALISTICA  
OPERE IDRAULICHE  
Ing. Marco Donati

PROGETTISTA DELLE OPERE  
ELETTROMECCANICHE  
Ing. Marco Timoncini

Codice Progetto	Revisioni	Descrizione	data
T1RN - 01/2022	0	Emissione per progetto definitivo	15/09/2022
	1	Integrazione PAUR - Revisione elaborato	14/03/2023

**COMUNI DI SANTARCANGELO DI ROMAGNA E VERUCCHIO  
PROVINCIA DI RIMINI**

**INDAGINE IDROGEOLOGICA RIGUARDANTE IL  
PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO AL RECUPERO DI  
BACINI EX CAVA IN DESTRA IDRAULICA DEL FIUME  
MARECCHIA, CON FUNZIONE DI STOCCAGGIO PER  
SOCCORSO E DISTRIBUZIONE IRRIGUA SULLA BASSA  
VALMARECCHIA, LAMINAZIONE DELLE PIENE AD USO  
AMBIENTALE**

**Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA  
ROMAGNA**

**Dott. Geol. Eugenio Fiorini  
( Firmata Digitalmente )**

**14/03/2023**

INDICE:

- 1 -	PREMESSA -----	PAG. 2
- 2 -	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE -----	PAG. 4
- 3 -	SONDAGGI E PIEZOMETRI -----	PAG. 8
- 4 -	CAMPAGNA DI INDAGINI ESEGUITE NEL NOVEMBRE 2021 ( PERMEABILITA' ) -----	PAG. 10
4.1	Premesse -----	PAG. 10
4.2	Stratigrafie dei sondaggi -----	PAG. 11
4.3	Risultati delle analisi granulometriche -----	PAG. 12
4.4	Risultati delle prove di permeabilità Lefranc -----	PAG. 13
- 5 -	CONDIZIONI STRATIGRAFICHE -----	PAG. 16
5.1	Considerazioni sulle stratigrafie dei terreni rinvenuti --	PAG. 23
- 6 -	PRELIEVO DI CAMPIONI E ANALISI DI LABORATORIO -----	PAG. 25
- 7 -	CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI CAMPIONATI SECONDO LA CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE E LE NORME H.R.B. - A.A.S.H.T.O. ( CNR UNI 10006 ) - ( LAGO SANTARINI ) -----	PAG. 29
- 8 -	VALUTAZIONI DELLE PERMEABILITA' DEI TERRENI CAMPIONATI ( LAGO SANTARINI ) -----	PAG. 32
- 9 -	DATI ACQUISITI DAI SONDAGGI R.E.R. -----	PAG. 35
- 10 -	MISURAZIONI DELLA FALDA FREATICA, DEI LIVELLI DEI LAGHI E DEL LIVELLO DEL FIUME MARECCHIA -----	PAG. 36
10.1	Premesse -----	PAG. 36
10.2	Fiume Marecchia e laghi -----	PAG. 38
10.3	Piezometri e laghi -----	PAG. 40
10.3.1	Lago Santarini -----	PAG. 41
10.3.2	Lago Azzurro -----	PAG. 44
- 11 -	RAPPORTO FIUME MARECCHIA - LAGHI -----	PAG. 47
- 12 -	CLIMATOLOGIA -----	PAG. 49

- 13 - PRELIEVI DAI LAGHI -----	PAG. 53
- 14 - PERDITE PER EVAPORAZIONE DELLO SPECCHIO LIQUIDO -----	PAG. 55
14.1 Stato attuale -----	PAG. 57
- 15 - VALUTAZIONE DELL'INFILTRAZIONE DAL FONDO DEI LAGHI SANTARINI ED AZZURRO -----	PAG. 59
- 16 - STATO DI PROGETTO -----	PAG. 68
- 17 - DATI GENERALI PER IL BILANCIO IDROLOGICO -----	PAG. 69
17.1 Bilancio per il periodo Maggio - Ottobre -----	PAG. 71
17.1.1 Piovosità e Temperatura -----	PAG. 71
17.1.2 Evapotraspirazione ( $E_p$ ) -----	PAG. 72
17.1.3 Infiltrazione -----	PAG. 73
17.1.4 Prelievi per irrigazioni: impianto golf e zone agricole -----	PAG. 73
17.1.5 Bilancio finale periodo irriguo -----	PAG. 74
- 18 - CONSIDERAZIONI SUL BILANCIO IDRICO -----	PAG. 77
- 19 - SOTTOSPINTA IDRAULICA SULL'IMPERMEABILIZZAZIONE -----	PAG. 81
- 20 - RAPPORTO TRA IL PROGETTO E IL LAGO IN.CAL SYSTEM -----	PAG. 83

APPENDICE - A - STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

APPENDICE - B - STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI, CERTIFICATI DELLE ANALISI  
GRANULOMETRICHE E I RISULTATI DELLE PROVE DI  
PERMEABILITA' ( INDAGINI DEL NOVEMBRE 2021 - PROGETTO  
PRELIMINARE ).

APPENDICE - C - DATI BIBLIOGRAFICI



COMUNI DI SANTARCANGELO DI ROMAGNA E VERUCCHIO  
PROVINCIA DI RIMINI

INDAGINE IDROGEOLOGICA RIGUARDANTE IL PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO AL  
RECUPERO DI BACINI EX CAVA IN DESTRA IDRAULICA DEL FIUME MARECCHIA, CON  
FUNZIONE DI STOCCAGGIO PER SOCCORSO E DISTRIBUZIONE IRRIGUA SULLA BASSA  
VALMARECCHIA, LAMINAZIONE DELLE PIENE AD USO AMBIENTALE

- 1 - PREMESSA:

Le finalità del presente studio sono quelle di verificare e valutare la compatibilità dell'intervento con la ricarica della conoide, e più in generale gli effetti sulla ricarica della conoide, considerato l'uso idropotabile prevalente, nonché la possibile alterazione dell'interazione tra la falda e le portate di magra.

Inoltre, considerato che l'intervento è posto immediatamente a valle del tratto inciso del Fiume Marecchia, valutare se l'intervento è compatibile con l'attuale configurazione morfologica e le sue tendenze evolutive.

A tale scopo sono stati eseguiti e utilizzati:

- dei sondaggi a carotaggio continuo e a distruzione, all'interno dei quali sono stati installati dei piezometri per il controllo periodico della falda;
- misurare il livello della falda dopo l'esecuzione dei sondaggi;
- analisi di laboratorio su campioni di terreno prelevati durante

l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio, al fine di valutarne la  
composizione;

- prove di permeabilità Lefranc nei terreni ghiaiosi sabbiosi prevalenti;
- misure di controllo contestuali, con cadenza settimanale, dei livelli dell'acqua nei piezometri, nei laghi e nell'alveo del Fiume Marecchia nel tratto prospicienti i laghi;
- misure del livello dell'acqua in due pozzi posti sui lati Sud e Est del lago Santarini ( lato San Martino dei Mulini );
- reperimento di tutti i dati climatici significativi ( piovosità e temperature );

Inoltre sono stati considerati dei dati bibliografici ( stratigrafie, rete di monitoraggio ecc. ) utilizzati dagli Uffici Regionali e della Provincia di Rimini per eseguire degli studi sulla falda e sulla ricarica della conoide del Fiume Marecchia.

- 2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE:

I laghi Santarini ed Azzurro di interesse, ed i laghi ex Incal, posti immediatamente a valle, si situano in destra idrografica del F. Marecchia. Il lago Santarini a monte della S.P Traversante Marecchia, gli altri laghi a valle di questa.

I laghi sono il risultato finale delle numerose attività di escavazione, iniziate nel 1960 ca., e proseguite fino agli anni '80, eseguite lungo il corso vallivo del F.Marecchia da Ponte Verucchio fino quasi alla foce.

La conoide del Marecchia assume una forma triangolare, il cui apice si individua nella zona di Ponte Verucchio, estendendosi poi fino al Mare Adriatico, per una lunghezza di 15 km.ca. ed una base del triangolo in corrispondenza della costa adriatica di 10 km.ca. per un'area di circa 94 kmq.

A Nord e' delimitata dal corso del F.Uso, a Sud dal Torrente Ausa.

Gli spessori dei materiali sono compresi tra 2 mt. all'apice di Ponte Verucchio, e circa 230 mt.nella zona di Santa Giustina.

Il substrato sul quale poggiano i depositi alluvionali e' costituito dalle argille Plio-Pleistoceniche.

La conoide e' costituita da una successione di materiali piu' fini limo-argillosi alternati a ghiaie e ghiaie sabbiose che vanno a costituire i diversi acquiferi.

Del tipo freatico quelli superficiali e semiartesiani ed artesiani quelli piu' profondi, compresi tra i livelli argillosi che li confinano e li proteggono da eventuali inquinanti superficiali.

Dove la conoide ha gli spessori maggiori si distinguono quattro

falde acquifere principali, protette da spessori compresi tra 6 ÷ 10 mt. di materiali argillosi impermeabili.

L'alimentazione delle falde acquifere e' garantita, dalle acque di pioggia, dalla infiltrazione delle acque di subalveo del F.Marecchia e dalla infiltrazione delle acque di circolazione presenti nelle sabbie delle formazioni plio-pleistoceniche di base.

E' possibile suddividere, in base alla geomorfologia la conoide in due parti: una parte piu' "antica" a monte, terrazzata, pleistocenica ed una conoide "recente" olocenica con i limiti dei terrazzi non distinguibili e caratterizzata da divagazioni dell'alveo.

La conoide "antica" si estende da Ponte Verucchio fino ad immediatamente a valle della S.P. Traversante Marecchia, dove terminano i terrazzi del terzo ordine.

Lo spessore dei materiali alluvionali è compreso tra un minimo di due metri e 10 mt., per aumentare rapidamente, superando i 20 mt./25 mt. circa dalla zona di San Martino dei Molini.

I laghi di ex. cava Santarini, Azzurro, Incal sono situati in corrispondenza della conoide antica.

Per effetto della forte escavazione dei materiali di subalveo si sono avute forti incisioni nell'alveo del F.Marecchia a monte di Poggio Berni, che hanno portato in affioramento il substrato argilloso e conseguentemente ad un diverso rapporto fiume/falda freatica.

Se inizialmente il fiume alimentava la falda di subalveo, successivamente alle escavazioni, le falde freatiche sono andate ad alimentare il fiume e l'alveo di piena si è ridotto e canalizzato.

Dal punto di vista idrogeologico nella "conoide antica",

caratterizzata da uno spessore di ghiaie inferiore a 20 mt., si ha una falda freatica superficiale la cui alimentazione e' garantita dalle precipitazioni meteoriche, dalle sorgenti dei terrazzi alluvionali posti in destra idrografica.

L'erosione e la canalizzazione dell'alveo del F.Marecchia ha limitato e spesso annullato l'alimentazione di subalveo del fiume.

A valle della "conoide antica" lo spessore della coltre alluvionale aumenta rapidamente ed e' intorno a 20÷25 mt. nella zona di San Martino dei Molini in destra idrografica e nella zona di fronte al lago Santarini.

Qui le captazioni d'acqua hanno intercettato il substrato a 22/30 mt. dal p.c., evidenziando la presenza di una prima falda più superficiale, freatica e di falde più profonde da semiartesiane ad artesiane confinate dai livelli argillosi.

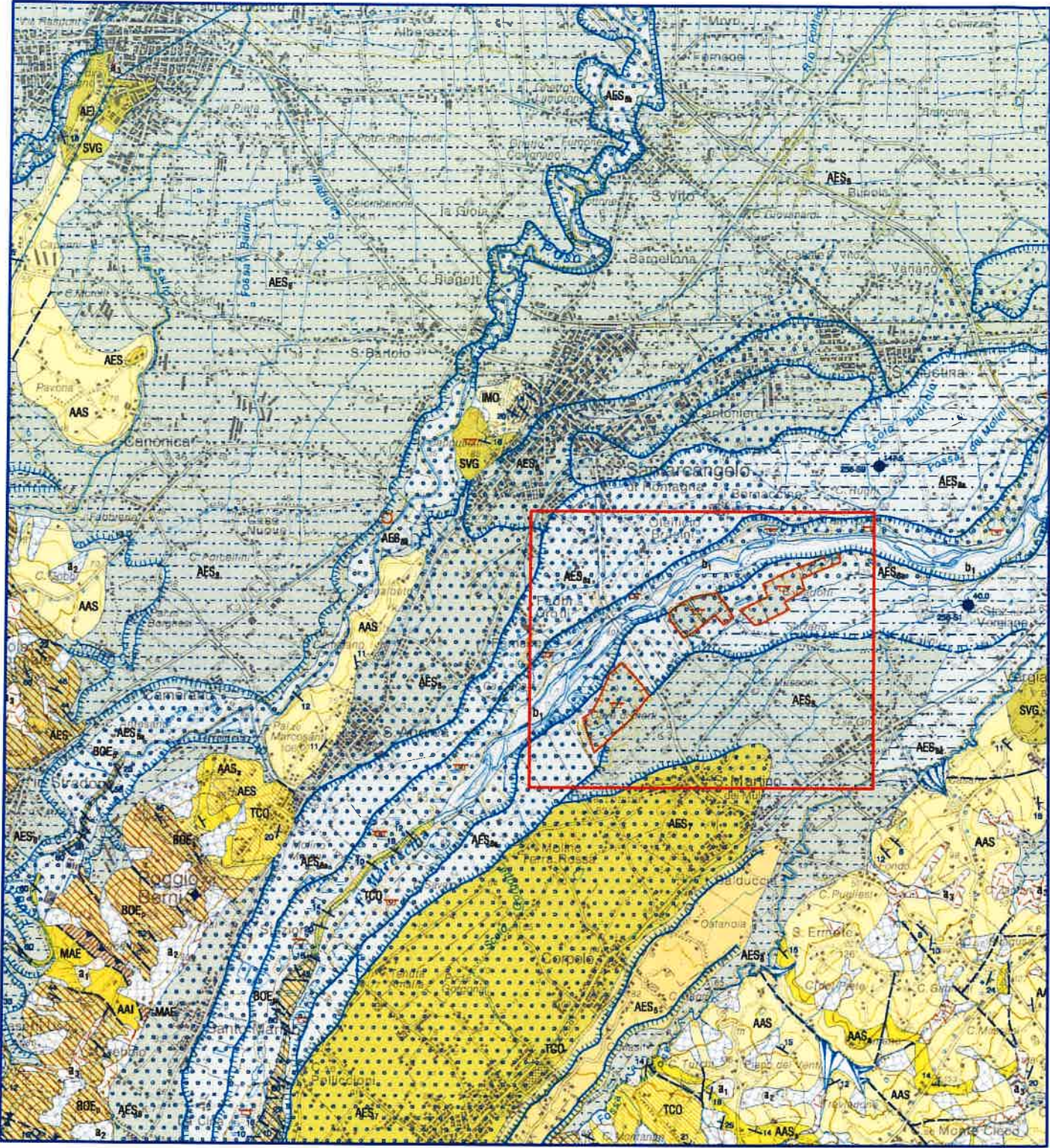
La zona in esame è costituita essenzialmente da litologie competenti ad aree di pianura e precisamente da ghiaie, sabbie e limi argillosi alluvionali costituenti la geometria del conoide del Fiume Marecchia, le cui alternanze deposizionali sono dettate quasi esclusivamente dal variare del regime idraulico del fiume stesso.

Sulla base della Carta Geologica ( CARG ), i laghi ricadono nell'Unità di Modena "AES8", costituita da depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi.

In particolare, nel nostro caso, si tratta di ghiaie di riempimento di canale fluviale da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, più raramente argillosa limosa in strati da spessi a molto spessi, generalmente amalgamati.

In Fig.1 è riportato uno stralcio della Carta Geologica in scala  
1:50.000 ( CARG ).





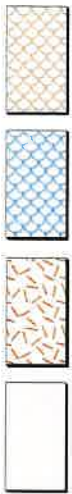
RIMINI - FOGLIO N. 256



AREA DI INTERESSE

LEGENDA:

Pleistocene - Olocene



- Corpo di frana in evoluzione**  
Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico con evidenze di movimenti in atto o recenti.
- Corpo di frana senza indizi di evoluzione**  
Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico privo di evidenze di movimenti recenti.
- Detrito di versante s.l.**  
Deposito eterogeneo ed eterometrico per gravità e ruscellamento lungo i versanti e ai piedi di scarpate.
- Depositi alluvionali in evoluzione**  
Ghiaie e sabbie prevalenti, localmente blocchi e materiale fine. Si sviluppano lungo le aste fluviali intravallive e comprendono le aree in evoluzione e le aree esondabili in condizioni di piena ordinaria.

SISTEMI DEPOSIZIONALI E LITOLOGIE (in AES<sub>6</sub>, AES<sub>6a</sub>, AES<sub>7</sub>)

DEPOSITI ALLUVIONALI

PIANA INTRAVALLIVA, CONOIDE E PIANA ALLUVIONALE



**Ghiaie di riempimento di canale fluviale**  
Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa o, più raramente argillosa in strati da spessi a molto spessi, generalmente amalgamati. Intercalazioni di sabbia e argilla assenti o subordinate e sviluppate al tetto degli strati. Strutture sedimentarie assenti o date a embriciatura dei ciottoli e gradazione positiva (nelle ghiaie più fini). Depositi di riempimento di canale fluviale. Formano corpi a geometria nastriforme (canali singoli di piana alluvionale) o tabulare (canali lateralmente e verticalmente amalgamati di piana intravalliva e conoide) di spessore variabile da 3 a 15 metri.



**Alternanze di sabbie e limi di argine, canale e rotta fluviale**  
Alternanze di sabbie fini e finissime, spesso limose, in strati da sottili a spessi, e limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in strati da molto sottili a medi. Gli strati sono organizzati in sequenze con gradazione positiva o negativo-positiva. Localmente sono presenti sabbie medio-grossolane alla base delle sequenze positive ed intercalazioni di argilla al tetto. Depositi di argine, canale e rotta fluviale, distinti solo in AES<sub>6a</sub>. Formano corpi rilevati a geometria nastriforme con spessore massimo di 3-4 metri.



**Argille e limi di piana inondabile**  
Argille e limi in strati medi e spessi con rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose in strati da molto sottili a medi. Spesso le argille sono bioturbate e non sono visibili la stratificazione e le strutture sedimentarie. Depositi di piana inondabile, distinti solo in AES<sub>6a</sub>. Formano corpi a geometria irregolare nelle aree depresse interposte ai depositi di argine; hanno spessori di 1-3 metri.



**Alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale indifferenziata**  
Alternanze di sabbie fini e finissime, limi ed argille in strati da molto sottili a spessi. Le alternanze sabbioso-limose sono in strati sottili e medi organizzati in sequenze con gradazione positiva o negativo-positiva, le argille sono in strati da medi, a molto spessi, spesso bioturbati e non sono visibili la stratificazione e le strutture sedimentarie. Al tetto delle sequenze positive sono spesso presenti accumuli di sostanza organica o paleosuoli. Depositi di tracimazione fluviale non differenziati a causa dei processi di erosione, bioturbazione e pedogenesi che hanno modificato le tessiture e le forme originarie e non hanno consentito di distinguere i depositi di argine da quelli di piana inondabile. Formano un grosso corpo composito a geometria cuneiforme a grande scala, spesso fino a 20 metri, che localmente include i depositi ghiaiosi di canale fluviale.

DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI

-FRONTE DELTIZIA E PIANA DI SABBIA



**Sabbie di cordone litorale**  
Sabbie prevalentemente fini e medie, con abbondanti bioclasti di molluschi, in strati da sottili a medi, generalmente amalgamati, localmente alternate a limi sabbiosi. Depositi di cordone litorale. Formano un corpo complesso a geometria nastriforme, con spessore da 4 a 12 metri che aumenta verso mare, organizzato in una sequenza negativa. Localmente include depositi grossolani di barra di foce e spiaggia ghiaiosa.



**Ghiaie di barra di foce e di cordone litorale**  
Ghiaie fini e medie con ciottoli appiattiti e ben classificati a matrice sabbiosa, talora prevalente. Sono inclusi bioclasti di molluschi. Strati medi e spessi, generalmente amalgamati o alternati a strati di sabbie medie e grossolane. Depositi di barra di foce e spiaggia ghiaiosa. Formano corpi di limitata estensione e geometria lentiforme, spessi da 1 a 6 metri inclusi nei depositi di cordone litorale.



**PRODELTA E TRANSIZIONE ALLA PIATTAFORMA**  
Argille e limi ricchi di materiale conchigliare, con intercalazioni di sabbie fini e finissime in strati molto sottili e sottili. Formano un corpo a geometria cuneiforme, presente solo nel settore a mare, con spessore massimo di una decina di metri.



- 3 - SONDAGGI E PIEZOMETRI:

In prossimità delle sponde di ogni singolo lago sono stati realizzati dei sondaggi a carotaggio continuo e a distruzione all'interno dei quali, ad eccezione del Sondaggio S.1A ( Lago Azzurro ), sono stati installati, fino a fondo foro, dei piezometri per il controllo della falda.

In particolare, sulle sponde del Lago Santarini sono stati eseguiti n.6 sondaggi a carotaggio continuo, come di seguito elencati:

SOND. (n.)	PROF. (m.)	PIEZOMETRO (m.)
S.1	15,00	15,00
S.2	15,00	15,00
S.3	10,00	10,00
S.4	19,00	17,10
S.5	15,00	15,00
S.6	15,00	15,00

Inoltre, a Nord-Nord Est del lago Santarini e ad una distanza di 120,0 m circa dall'attuale sponda, è stato eseguito un Sondaggio a distruzione (S.7), come di seguito specificato:

SOND. (n.)	PROF. (m.)	PIEZOMETRO (m.)
S.7	20,00	20,00

In prossimità delle sponde del Lago Azzurro sono stati eseguiti n.6 sondaggi, di cui uno a carotaggio continuo ( S.1A ) e gli altri ( n.5 ) a distruzione, come di seguito elencati:

SOND. (n.)	PROF. (m.)	PIEZOMETRO (m.)
S.1A	30,00	/
S.2A	20,00	20,00
S.3A	20,00	20,00
S.4A	20,00	20,00
S.5A	15,00	15,00
S.6A	15,00	15,00

Come si evince dall'elenco di tutti i sondaggi eseguiti, ad eccezione del Sondaggio S.1A ( Lago Azzurro ), eseguito in corrispondenza dell'impianto di sollevamento, in tutti i sondaggi sono stati installati, fino a fondo foro, dei piezometri per il controllo del livello dell'acqua.

Sul lago Azzurro, la scelta di eseguire dei sondaggi a distruzione, in alternativa ai sondaggi a carotaggio continuo, è stata fatta in considerazione del fatto che sulle sponde e sul fondo del lago si rinvenivano, quasi esclusivamente, dei terreni ghiaiosi sabbiosi.

Questa scelta ci ha permesso di ridurre sensibilmente i tempi di esecuzione e di fare delle economie.

Nella Tav. 1I ( Planimetria scala 1:5.000 ) sono riportate le ubicazioni dei sondaggi/piezometri e dei punti di monitoraggio.



RECUPERO DI BACINI DI EX CAVA IN DESTRA IDRAULICA DEL FIUME  
MARECCHIA, CON FUNZIONE DI STOCCAGGIO PER SOCCORSO E  
DISTRIBUZIONE IRRIGUA SULLA BASSA VALMARECCHIA. LAMINAZIONE  
DELLE PIENE ED USO AMBIENTALE  
Codice Intervento: PNRR-M2C4-I4.1-A1-3

**PROGETTO DEFINITIVO**

Importo progetto € 15.000.000,00

C.U.P. I61B20001260001



## TAV.1I - UBICAZIONE DEI PUNTI DI MISURA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Andrea Cicchetti

PROGETTISTA GENERALE DELL'OPERA  
Ing. Alberto Vanni

CONSULENZA SPECIALISTICA  
OPERE IDRAULICHE  
Ing. Marco Donati

PROGETTISTA DELLE OPERE  
ELETTROMECCANICHE  
Ing. Marco Timoncini

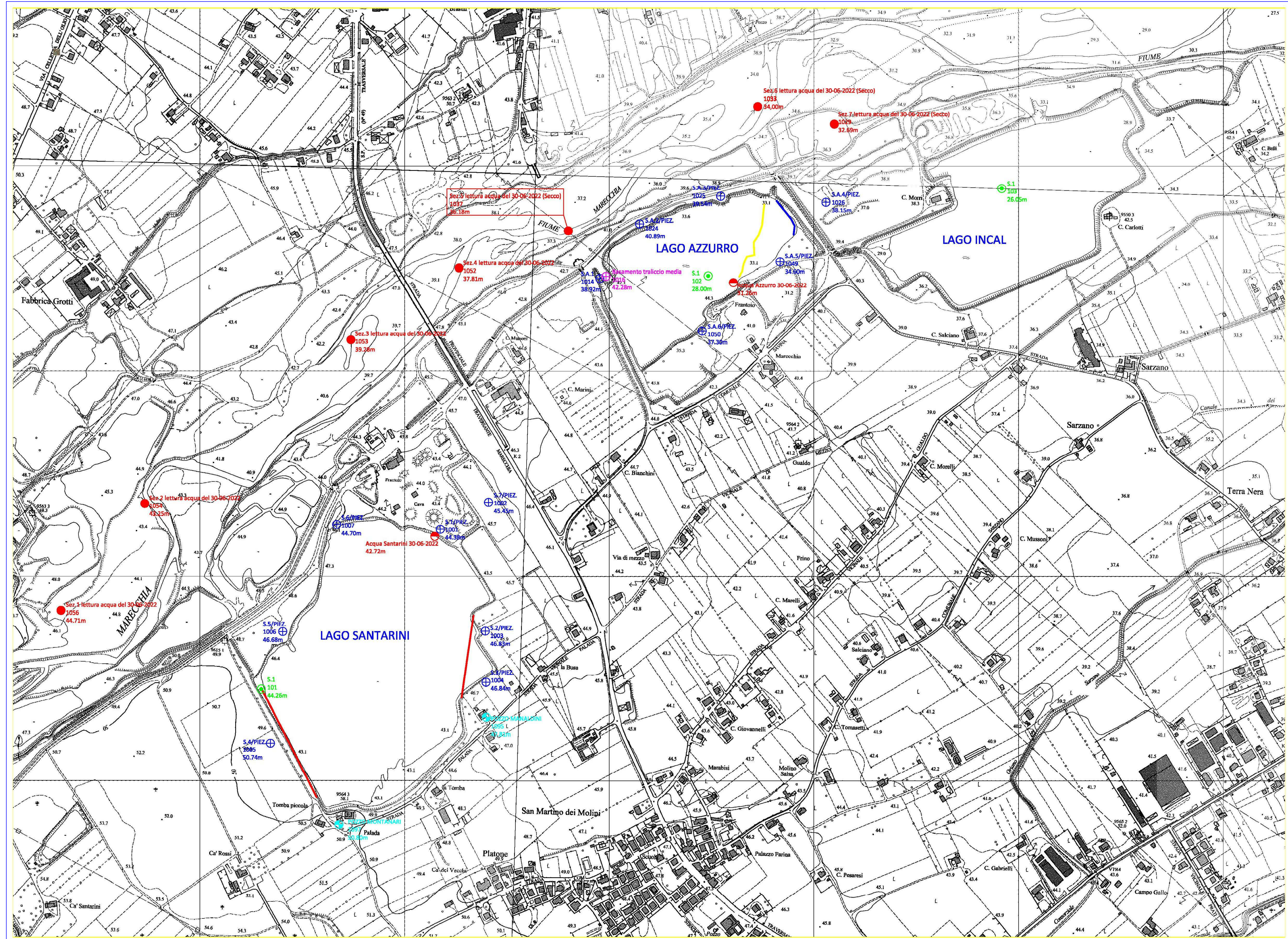
Codice Progetto	Revisioni	Descrizione	data

ISO 9001 ISO 14001 ISO 45001		Cesena Sede Legale Ravenna Sede Amministrativa Forlì Sede Operativa Rimini Sede Operativa	Via R. Lambruschini, 195 Via Angelo Mariani, 26 Via P. Bonoli, 11 Via G. Oberdan, 21	47521 Cesena (FC) 48121 Ravenna (RA) 47121 Forlì (FC) 47921 Rimini (RN)	Tel 0547/327441 Tel 0544/249811 Tel 0545/373111 Tel 0547/441611
------------------------------------	--	--	---	--	--

**LEGENDA:**

- SONDAGGI/PIEZOMETRI**
- ASTE CENTIMETRICHE PER IL CONTROLLO DEL LIVELLO DELL'ACQUA DEI LAGHI**
- SEZIONI DI CONTROLLO DELL'ACQUA LUNGO IL FIUME MARECCHIA**
- POZZI MONALDINI E MONTANARI**
- SONDAGGI ESEGUITI NEL PERIODO NOVEMBRE 2021 (PROGETTO DI FATTIBILITÀ)**
- ZONE NON INTERESSATE DAI RIPORTI**
- ZONA INTERESSATA DAL RIPOERTO (RESIDUO DI LAVORAZIONE DEGLI INERTI)**
- BORDO INFERIORE DELLA SPONDA INTERNA INTERESSATA DAL RIPOERTO (RESIDUI DI LAVORAZIONE DEGLI INERTI)**

# PLANIMETRIA SCALA 1:5.000





- 4 - CAMPAGNA DI INDAGINI ESEGUITE NEL NOVEMBRE 2021 ( PERMEABILITA' )

4.1 premesse:

I dati sulle permeabilità, di seguito riportati, fanno riferimento ad una campagna di indagine, eseguita nel periodo Novembre 2021, per il progetto di fattibilità.

Lo studio di fattibilità allora riguardava anche il lago Incal, successivamente escluso dal progetto.

Si ritengono comunque significativi, considerato l'analogo contesto geologico e idrogeologico, anche le indagini eseguite sul lago Incal.

In quel periodo, Novembre 2021, il lago Incal era asciutto, nel lago Azzurro c'era acqua solo nella depressione che interessa il lato Sud, mentre nel lago Santarini era presente una notevole quantità d'acqua che non ci ha permesso di visionare e operare direttamente sul fondo del lago.

Pertanto, nei laghi Incal e Azzurro si è operato direttamente sul fondo dei laghi mentre nel lago Santarini si è operato sulla sponda, in prossimità dell'angolo Sud - Sud Ovest.

Per l'esecuzione delle prove di permeabilità sono stati eseguiti n.3 sondaggi a distruzione, spinti alle seguenti profondità:

- Lago Incal - 5,00 circa dal fondo del lago;
- Lago Azzurro - 5,20 m circa dal fondo del lago;
- Lago Santarini - 8,00 m circa dalla sponda lato Sud - Sud Est.

Inoltre, in prossimità di ogni singolo sondaggio, sono stati presi dei campioni rimaneggiati operando con una benna meccanica.

Sui campioni sono state eseguite le analisi granulometriche.

#### 4.2. Stratigrafie dei sondaggi:

Le stratigrafie dei sondaggi risultano:

##### - Lago Incal:

. dal p.c. a - 0,20 m circa:

limi argillosi ghiaiosi;

. da - 0,20 m circa a - 5,00 m circa:

ghiaie e sabbie debolmente limose argillose.

In data 11-11-2021, la falda è stata rilevata a - 4,10 m circa dal p.c..

##### - Lago Azzurro:

. dal p.c. a - 5,20 m circa:

ghiaie sabbiose debolmente limose argillose.

In data 12-11-2021, la falda è stata rilevata a - 2,90 m circa dal p.c..

##### - Lago Santarini:

. dal p.c. a - 5,50 m circa:

terreni di riporto costituiti da limi argillosi prevalenti con sabbie e limi;

. da - 5,50 m circa a - 8,00 m circa:

ghiaie sabbiose debolmente limo argillose.

In data 11-11-2021, la falda è stata rilevata a - 4,20 m circa dal p.c..



#### 4.3 Risultati delle analisi granulometriche:

Le analisi granulometriche hanno evidenziato i seguenti risultati:

##### - Lago Incal:

. C.1 da 0,00 m a - 0,20 m ( superficiale - fondo lago ):

	(%) A.S.T.M.	(%) A.G.I.
GHIAIA	12,57	16,12
SABBIA	18,42	15,39
LIMO + ARGILLA	69,00	68,49

. C.2 da 0,50 m a - 1,10 m ( fondo lago ):

	(%) A.S.T.M.	(%) A.G.I.
GHIAIA	73,83	79,79
SABBIA	19,04	13,35
LIMO + ARGILLA	7,13	6,86

##### - Lago Azzurro:

. C.1 da 0,00 m a - 0,20 m ( superficiale - fondo lago ):

	(%) A.S.T.M.	(%) A.G.I.
GHIAIA	6,66	9,02
SABBIA	8,03	5,85
LIMO + ARGILLA	85,31	85,13

. C.2 da 0,50 m a - 1,10 m ( fondo lago ):

	(%) A.S.T.M.	(%) A.G.I.
GHIAIA	76,94	81,72
SABBIA	13,59	8,95

LIMO + ARGILLA	9,47	9,3
----------------	------	-----

- Lago Santarini:

. C.1 da - 1,50 m a - 2,00 m ( Argine ):

	(%) A.S.T.M.	(%) A.G.I.
GHIAIA	18,99	21,46
SABBIA	29,89	28,63
LIMO + ARGILLA	51,12	49,91

4.4. Risultati delle prove di Permeabilità Lefranc:

Le prove di permeabilità a carico variabile si eseguono in terreni aventi delle permeabilità inferiori a  $10^{-5}$  cm sec<sup>-1</sup>.

Possono essere fatte abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o discesa.

I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su di un diagramma semilogaritmico.

Nel nostro caso sono state eseguite sollevando il livello statico della falda e operando come raccomandato dalle Norme AGI ( Associazione Geotecnica Italiana ).

Il valore della permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$K = \frac{A}{C_L (t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad [\text{ms}^{-1}]$$

dove:

K [ms<sup>-1</sup>] coefficiente di permeabilità

A [m<sup>2</sup>] area di base del foro di sondaggio

h<sub>1</sub> e h<sub>2</sub> [m] altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della

falda indisturbata o al fondo stesso agli istanti  $t_1 - t_2$

$t_1 - t_2$  [s] tempi ai quali si misurano  $h_1$  e  $h_2$

$C_L$  [m] coefficiente di forma dipendente dall'area del foro di sondaggio e della lunghezza del tratto di foro scoperto.

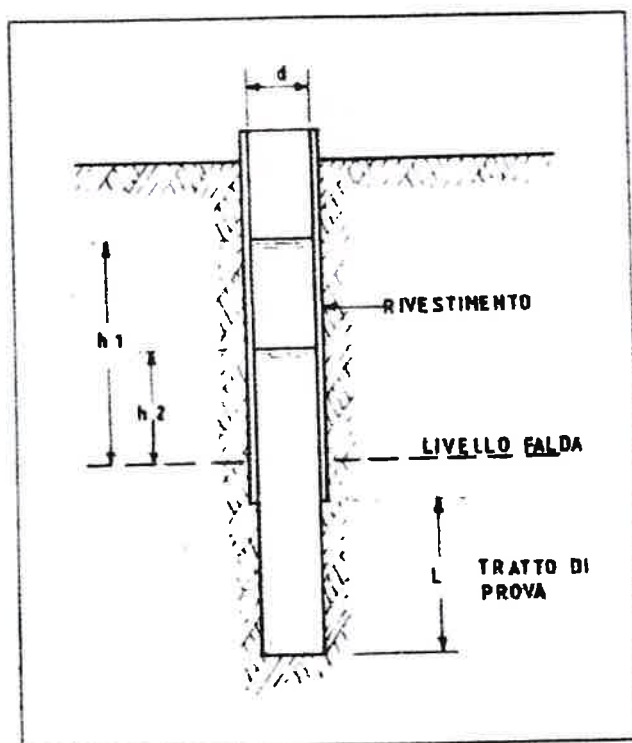
Per il coefficiente  $C_L$  sono suggeriti i seguenti valori:

- prova su un tratto di foro dove:

$$l \gg d \quad C = l \text{ [m]}$$

$$l \leq d \quad C = 2 \pi d + l \text{ [m]}$$

Di seguito è rappresentato lo schema operativo della prova Lefranc.



Le prove hanno evidenziato i seguenti risultati:

Lago Incal:

$$\text{Prova 1} - K = 1,42 \times 10^{-5} \text{ m sec}^{-1} = 1,42 \times 10^{-3} \text{ cm sec}^{-1}$$

. Prova 2 -  $K = 1,41 \times 10^{-5} \text{ m sec}^{-1} = 1,41 \times 10^{-3} \text{ cm sec}^{-1}$

Lago Azzurro:

. Prova 1 -  $K = 1,68 \times 10^{-6} \text{ m sec}^{-1} = 1,68 \times 10^{-4} \text{ cm sec}^{-1}$

. Prova 2 -  $K = 1,76 \times 10^{-6} \text{ m sec}^{-1} = 1,76 \times 10^{-4} \text{ cm sec}^{-1}$

Lago Santarini:

. Prova 1 -  $K = 1,04 \times 10^{-6} \text{ m sec}^{-1} = 1,04 \times 10^{-4} \text{ cm sec}^{-1}$

. Prova 2 -  $K = 1,11 \times 10^{-6} \text{ m sec}^{-1} = 1,11 \times 10^{-4} \text{ cm sec}^{-1}$

In Appendice B sono riportate le stratigrafie dei sondaggi, i certificati delle analisi granulometriche e i risultati delle prove di permeabilità ( indagini del Novembre 2021 - Progetto Preliminare ).

- 5 - CONDIZIONI STRATIGRAFICHE:

Sulla base dei sondaggi eseguiti sono state rinvenute le seguenti condizioni stratigrafiche locali:

- LAGO SANTARINI:

- Sondaggio S.1:

- dal p.c. ( 44,38 m s.l.m.m. ) a - 5,50 m circa:

riporto di materiale eterogeneo limoso argilloso, sabbioso con ghiaietto;

- da - 5,50 m circa a - 9,60 m circa:

riporto costituito da limi sabbiosi, localmente argillosi, con ghiaietto;

- da - 9,60 m circa a - 15,00 m ( fondo foro ):

ghiaie, in matrice limosa sabbiosa ocra con livelli limosi sabbiosi, molto addensate;

N.B. Lo spessore dei terreni di riporto, in questa zona, raggiunge la profondità di - 9,60 m circa dal p.c..

Si segnala inoltre che la testa del tubo del piezometro, dopo due settimane circa dalla sua installazione, si è leggermente sollevato a causa della falda in pressione ( la copertura del pozzetto rimane leggermente sollevata ).

- Sondaggio S.2:

- dal p.c. ( 46,83 m s.l.m.m. ) a - 0,50 m circa:

copertura pedologica limosa argillosa marrone con apparato radicale;

- da - 0,50 m circa a - 2,60 m circa:

argille limose marroni essicate;

- da - 2,60 m circa a - 8,50 m circa:

ghiaie e sabbie in matrice limosa argillosa ocra, molto consistenti;

- da - 8,50 m a - 15,00 m ( fondo foro ):

ghiaie e sabbie in matrice limosa sabbiosa, molto consistenti.

N.B. Alle profondità comprese tra 12,00 m e - 13,50 m e tra - 14,50 m e - 15,00 m circa, perdite di acqua di perforazione - falda del Marecchia.

- Sondaggio S.3:

- dal p.c. ( 46,84 m s.l.m.m. ) a - 1,50 m circa:

copertura pedologica costituita da argille limose marroni, essicate;

- da - 1,50 m circa a - 10,00 m circa ( fondo foro ):

ghiaie e sabbie in matrice limosa argillosa, molto addensate.

- Sondaggio S.4:

- dal p.c. ( 50,74 m s.l.m.m. ) a - 1,50 m circa:

coltre pedologica costituita da argille limose marroni;

- da - 1,50 m circa a - 18,30 m circa:

ghiaie e ghiaie grossolane e sabbie con ghiaino in matrice limosa e limosa argillosa, molto addensate. Da - 15,80 m circa, prevale la frazione sabbiosa con ghiaino;

- da - 18,30 m a - 19,00 m ( fondo foro ):

formazione pliocenica costituita da argille marnose, grigie.

N.B. Alle profondità di - 15,80 m circa, forte perdita di acqua di perforazione per la presenza di un forte acquifero fino alla testa della formazione pliocenica, che è stata intercettata solo in questo sondaggio a partire dalla quota di - 18,00 m circa dal p.c. attuale.

Solo in questo sondaggio è stato intercettato il substrato argilloso plio-pleistocenico posto a - 18,30 m dal p.c. in concordanza con i dati stratigrafici di bibliografia.



- Sondaggio S.5:

- dal p.c. ( 46,68 m s.l.m.m. ) a - 3,00 m circa:

riporto eterogeneo costituito da ciottoli ghiaiosi sabbiosi in matrice argillosa limosa;

- da - 3,00 m circa a - 3,40 m circa:

argille limose grigie con ciottoli debolmente sabbiose ghiaiose;

- da - 3,40 m circa a - 15,00 m circa ( fondo foro ):

ghiaie grossolane e sabbie in matrice limosa argillosa ocra, molto addensate.

N.B. Lo spessore dei terreni di riporto, in questa zona, si rinviene fino alla profondità di - 3,00 m circa dal p.c..  
Alla profondità di - 13,50 m circa probabile falda del Marecchia.

- Sondaggio S.6:

- dal p.c. ( 44,70 m s.l.m.m. ) a - 5,00 m circa:

riporto costituito da alternanze di limi argillosi, argille limose con ghiaie e sabbie, da - 4,50 m a - 5,00 m ghiaie e sabbie di una vecchia strada di cantiere;

- da - 5,00 m circa a - 10,50 m circa:

limi sabbiosi in matrice argillosa con ghiaietto di colore ocra  
( materiale di risulta del lavaggio degli inerti );

- da - 10,50 m circa a - 15,00 m circa ( fondo foro ):

ghiaie e sabbie in matrice limosa argillosa ocra, molto addensate.

N.B. Lo spessore dei terreni di riporto, in questa zona è di 5,00 m circa.  
Da - 5,00 m a - 10,50 m circa si rinviene del materiale di risulta

del lavaggio delle ghiaie ( limi/sabbie/argille/ghiaietto ).

Alla profondità di - 13,50 m circa è stata rinvenuta la probabile falda del Marecchia.

- Sondaggio S.7:

- dal p.c. ( 45,45 m s.l.m.m. ) a - 7,00 m circa:

riporto di materiale della lavorazione ( lavaggio ) delle ghiaie, costituito da limi, sabbie e ghiaietto, compatto;

- da - 7,00 m circa a - 20,00 m circa:

ghiaie e sabbie in matrice limosa e limosa argillosa oca, molto addensate.

N.B. Lo spessore dei terreni di riporto, in questa zona, raggiunge la profondità di 7,00 m circa dal p.c..

Anche in questo caso il tubo del piezometro si è leggermente sollevato a causa della falda in pressione ( la copertura del pozzetto rimane leggermente sollevata ).

- LAGO AZZURRO:

- Sondaggio S.1A ( Unico sondaggio non strumentato con piezometro ):

- dal p.c. ( 38,92 m s.l.m.m. ) a - 17,50 m circa:

ghiaie eterometriche con sabbie e ghiaio, in matrice limosa argillosa, addensate;

- da - 17,50 m circa a - 30,00 m ( fondo foro ):

ghiaie eterometriche con sabbie e localmente con ghiaietto fino, in matrice limosa argillosa con locali interlivelli ( 30/40 cm ) di argille limose plastiche, da addensate a molto addensate.

N.B. Alla profondità di - 18,00 m circa forte perdita di acqua di perforazione - falda del Marecchia.

- Sondaggio S.2A:

- dal p.c. ( 40,88 m s.l.m.m. ) a - 3,50 m circa:  
coltre pedologica costituita da limi sabbiosi essiccati con livelli di argille marroni;
- da - 3,50 m circa a - 10,50 m circa:  
ghiaietto passante a ghiaione con passaggi di limi sabbiosi limosi argillosi azzurri, da consistenti a compatte;
- da - 10,50 m circa a - 20,00 m ( fondo foro ):  
ghiaie sabbiose in matrice limosa argillosa, molto addensate.

N.B. Alla profondità di - 13,00 m circa perdita di acqua dal rivestimento.

- Sondaggio S.3A:

- dal p.c. ( 39,54 m s.l.m.m. ) a - 1,90 m circa:  
riporto argine costituito da limi argillosi con ghiaie;
- da - 1,90 m circa a - 7,20 m circa:  
alternanze di sabbie e ghiaie medio fini, in matrice limosa, e limi argillosi con ghiaie alla base, addensate;
- da - 7,20 m circa a - 20,00 m ( fondo foro ):  
ghiaie e sabbie in matrice argillosa, molto addensate.

N.B. Alla profondità compresa tra - 13,00 m e - 14,00 m circa perdita di acqua di perforazione.

- Sondaggio S.4A:

- dal p.c. ( 38,15 m s.l.m.m. ) a - 2,10 m circa:  
riporto eterogeneo di limi argillosi con ghiaie;

- da - 2,10 m circa a - 2,70 m circa:  
coltre pedologica costituita da limi e ghiaietto;
- da - 2,70 m circa a - 11,00 m circa:  
ghiaie e ghiaie grossolane e sabbie in matrice limosa argillosa,  
addensate;
- da - 11,00 m circa a - 19,10 m circa:  
ghiaie grossolane e sabbie in matrice limosa argillosa, molto addensate;
- da - 19,10 m circa a - 20,00 m ( fondo foro ):  
argille debolmente ghiaiose, ocra

N.B. Alla profondità di - 13,00 m circa perdita di acqua di perforazione.

- Sondaggio S.5A:

- dal p.c. ( 34,60 m s.l.m.m. ) a - 2,80 m circa:  
limi sabbiosi ocra di decantazione;
- da - 2,80 m circa a - 11,30 m circa:  
limi sabbiosi e sabbie finissime con argille limose ocra, compatti  
( residuo di lavorazione del lavaggio degli inerti );
- da - 11,30 m circa a - 15,00 m circa ( fondo foro ):  
ghiaie in matrice argillosa ocra, molto addensate.

N.B. Alla profondità di - 15,00 m circa perdita di acqua di perforazione.

- Sondaggio S.6A:

- dal p.c. ( 37,30 m s.l.m.m. ) a - 1,90 m circa:  
riporto di terreno limoso argilloso eterogeneo;
- da - 1,90 m circa a - 10,50 m circa:

ghiaie e sabbie e ghiaie anche grossolane e sabbie in matrice limosa  
ocra, addensate;

- da - 10,50 m circa a - 14,00 m circa:

ghiaie in matrice argillosa con livelli limo argillosi o argillo limosi,  
molto addensate;

- da - 14,00 m circa a - 15,00 m ( fondo foro ):

argille marroni con ghiaie.

N.B. Da - 10,50 m forte perdita d'acqua dal rivestimento.

L'ubicazione dei sondaggi è riportata nella Tav.1I ( Planimetrica  
con ubicazione della rete di monitoraggio ) mentre in Appendice A sono  
riportate le stratigrafie dei sondaggi.

#### Livelli di falda:

Qui di seguito vengono riportati i livelli della falda misurati dopo  
l'ultimazione di ogni singolo sondaggio.

Tali livelli sono indicativi perché possono aver risentito della  
presenza dell'acqua di perforazione che può non aver avuto il tempo di  
stabilizzarsi con il livello della falda freatica a causa della diversa  
permeabilità dei terreni incontrati.

In sintesi, dopo l'esecuzione di ogni singolo sondaggio il, livello  
della falda risultava:

Sondaggio (n.)	Quota falda (m.)	Periodo
1	- 4,65	Giugno 2022
2	- 6,43	Giugno 2022

3	- 10,01	Giugno 2022
4	- 7,50	Giugno 2022
5	- 3,20	Giugno 2022
6	- 2,60	Giugno 2022
7	- 10,50	Giugno 2022
1A	- 6,50	Giugno 2022
2A	- 9,50	Giugno 2022
3A	- 9,60	Giugno 2022
4A	- 12,50	Giugno 2022
5A	- 6,00	Giugno 2022
6A	- 6,00	Giugno 2022

In Appendice A sono riportate le stratigrafie dei terreni rinvenuti.

#### 5.1 Considerazioni sulle stratigrafie dei terreni rinvenuti:

Sulla base delle stratigrafie dei sondaggi e dalle risultanze dei diversi sopralluoghi eseguiti sulle sponde dei laghi, emerge chiaramente il diverso grado di antropizzazione degli stessi.

Le sponde del Santarini, come si evince dai sondaggi e dalle analisi di laboratorio di seguito riportate ( paragrafo 6 ), sono interessate, ad eccezione di due tratti spondali dove si rinvencono i fronti di scavo " originari ", da dei riporti di terreni fini prevalenti, disposti eterogeneamente, eseguiti con lo scopo di impermeabilizzarlo.

Inoltre, in base alle informazioni assunte dalla proprietà, il fondo del Lago Santarini è stato utilizzato per numerosi anni per il lavaggio degli inerti, per cui dovrebbe risultare coperto da un importante spessore



di deposito di terreni fini ( limi, argille e sabbie fini ).

Al contrario il lago Azzurro, ad eccezione della zona dove è avvenuto il lavaggio degli inerti ( zona individuata sul lato Nord Est del lago ), è interessato dai fronti di scavo in ghiaia naturale.

Nelle Figure 2 e 3 sono riportate le planimetrie aeree ( scala 1:5.000 ) con indicate le aree ( zone ) sopra descritte.



FOTO AEREA SU C.T.R. - SCALA 1:5.000 -

FIG.2





— ZONE NON INTERESSATE DAI RIPORTI



# FOTO AEREA SU C.T.R. - SCALA 1:5.000 -

FIG.3



-  ZONA INTERESSATA DAL RIPORETO ( RESIDUI DI LAVORAZIONE DEGLI INERTI )
-  BORDO INFERIORE DELLA SPONDA INTERNA INTERESSATA DAL RIPORETO ( RESIDUI DI LAVORAZIONE DEGLI INERTI )



- 6 - PRELIEVO DEI CAMPIONI E ANALISI DI LABORATORIO:

Durante e dopo l'esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati i seguenti campioni.

- LAGO SANTARINI:

SONDAGGI (n.)	CAMPIONE (n.)	PROFONDITA' (m)	STATO DEL CAMPIONE
1	1	2,50 ÷ 3,00	R
1	2	8,00 ÷ 8,60	I
2	1	2,00 ÷ 2,60	I
3	1	2,00 ÷ 10,00	R
4	1	10,00 ÷ 10,50	R
5	1	1,50 ÷ 2,00	R
5	2	3,00 ÷ 3,50	R
5	3	7,50 ÷ 8,50	R
6	1	2,50 ÷ 3,00	R
6	2	7,50 ÷ 8,00	R
6	3	13,50 ÷ 14,00	R

- LAGO AZZURRO:

SONDAGGI (n.)	CAMPIONE (n.)	PROFONDITA' (m)	STATO DEL CAMPIONE
1A	1	4,00 ÷ 5,00	R
1A	2	9,00 ÷ 10,00	R

Sui campioni indisturbati sono state eseguite le seguenti analisi di laboratorio.

. umidità naturale (W%)

. peso di volume ( $\gamma_n$ )

- . peso di volume secco ( $\gamma_s$ )
- . analisi granulometrica (G+S+L+A)
- . limiti di Atterberg:
- . limite Liquido ( $W_p$ )
- . indice plastico ( $I_p$ )

Sui campioni rimaneggiati sono state eseguite:

- . analisi granulometrica (G+S+L+A)
- . limiti di Atterberg:
- . limite Liquido ( $W_p$ )
- . indice plastico ( $I_p$ )

Il numero nettamente inferiore dei campioni prelevati nel lago Azzurro è giustificato dal fatto che sono stati eseguiti dei sondaggi a distruzione per la quasi esclusiva presenza di terreni ghiaiosi sabbiosi, difficili da recuperare ( campionare ) integralmente con un carotiere di diametro  $\varnothing$  101 mm.

Inoltre, è stato privilegiato il lago Santarini perché è fortemente interessato dai terreni di riporto di natura limosa argillosa.

Di seguito, si riportano le Tabelle riassuntive dei risultati delle analisi di laboratorio.

Per i certificati delle analisi di laboratorio si rimanda alla relazione geologica.

COMMITTENTE: Dott. Geol. E. Fiorini																					
LAVORO: Recupero bacini ex cava destra Idraulica LOCALITA': Lago Santarini - Santarcangelo di Romagna (RN)																					
DATA ARRIVO: 23-06-22 N° COMMESSA: 22.017.01																					
TABELLA RIASSUNTIVA PROVE DI LABORATORIO SU: TERRE ROCCE MATER. STRADALI																					
n.	CAMP.	prof.	STATO DEL CAMP.	PROVE DEL PENET. TEST	CONTEN. D'ACQUA W %	PESO UNITA' VOLUME Mg/m³	PESO UNITA' Mg/m³	GRANULOMETRIA				LIMITI DI ATTERBERG		CLASSIFICAZIONE	COMPRESSIONE SEMPLICE		TAGLIO DIRETTO AL CASAGRANDE c' MPa	PROVA EDOMETRICA		INDICE DI GRUPPO Ig	PESO SPEC. TERRENO γs Mg/m³
								G %	S %	L %	A %	WI %	Ip %		Gc MPa	Cu MPa		Esd MPa	Cv cm³/s		
S1	C1	2.50	R					30.91	27.72	24.31	21.05	15.37	39	14	A-6	SC					
		3.00						25.48	27.56	18.82	28.13	46.95			A-6	OL					2.64
S1	C2	8.00	I	130	50	24.28	2.00	1.61	27.24	22.20	20.76	33.25	40	18	A-6	OL					
		8.80		110	35			18.43	24.62	22.26	34.67	56.95			A-7-5	CH					
S2	C1	2.00	I	>800	>250	18.67	2.08	1.75	1.64	4.58	13.74	16.08	70	37	A-2-8	GC					
		2.80		>800	>250			0.30	47.00	28.64	200.86	94.70	32	13	A-2-8	GC					
S3	C1	2.00	R					38.18	30.40	18.60	16.70	33.33			A-2-8	GC					
		10.00						49.01	26.84	19.60	16.46	24.15	31	13	A-2-8	GC					
S4	C1	10.00	R					45.01	33.16	10.22	11.90	21.82	41	18	A-7-6	CL					
		1.80	R					24.44	24.44	12.22	13.33	11.11	82	32	A-7-5	CH					
S5	C1	2.00	R					19.88	26.57	20.99	30.99	53.56			A-2-4	GC					
		3.00	R					3.94	7.68	19.26	49.53	46.61	25	9	A-2-4	GC					
S5	C2	3.00	R					1.47	8.68	26.70	83.15	89.85	37	17	A-6	CL					
		7.60	R					41.96	34.64	17.19	8.91	24.53	25	7	A-4	CL-ML					
S6	C1	2.50	R					40.26	32.67	13.79	13.48	26.97			A-6	CL					
		3.00	R					17.96	26.08	21.29	34.68	55.96	37	14	A-2-8	GC					
S6	C2	7.50	R					5.00	39.23	32.16	31.69	60.77			A-6	CL					
		8.00						45.10	14.50	20.74	1.00	30.70	34	14	A-2-8	GC					
S6	C3	13.50	R					47.15	24.07	18.40	13.31	24.78			A-6	CL					
		14.00													A-6	CL					
n.d. = valori non determinabili																					
LEGENDA: TERRE																					
I	= INDISTURBATO																				
R	= RIMANEGGIATO																				
S	= SEMIDISTURBATO																				
A	= ALTERATO																				
E	= ALTERATO E OSSIDATO																				
O	= OSSIDATO																				
CD PROVA DI TAGLIO DIRETTO AL CASAGRANDE CONSOLIDATA E DRENATA																					
CD	PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA E DRENATA																				
CU	PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA																				
UU	PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA																				
Ccu - fcu	= parametri consolidati non drenati																				
C' - φ	= parametri efficaci																				
Ccu - fcu	= parametri non consolidati non drenati																				
CLASSIFICAZIONI: ASTM																					
N.D. = NON DETERMINABILE																					
N.P. = NON PLASTICO																					
SGALAB - Laboratori e Ricerche S.r.l.																					
Via Marconi, 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
REA: RN-304214 - C.F. e P.IVA 03986910401																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					
Via Marconi 18/a - 47830 - Mercatino di Romagna (RN) - ITALY																					
Tel./Fax. +39 054198972 - e-mail: info@sgalab.net																					
www.sgalab.net																					
SGALAB																					
LABORATORI E RICERCHE S.r.l.																					

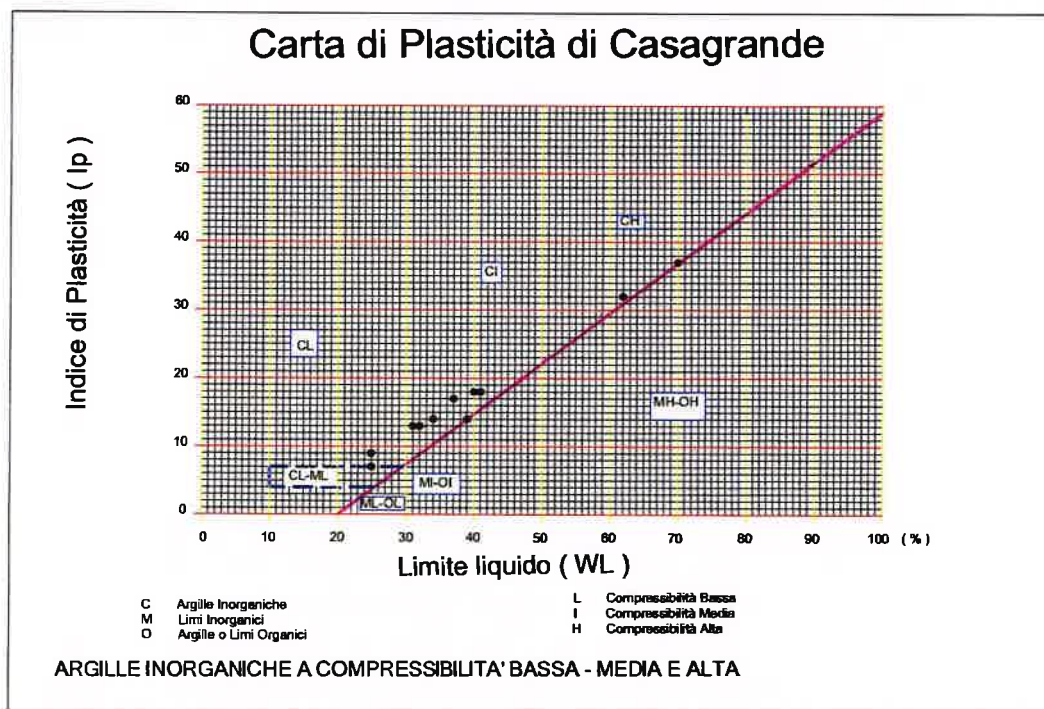


- 7 - CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI CAMPIONATI SECONDO LA CARTA DI  
PLASTICITA' DI CASAGRANDE E LE NORME H.R.B.-A.A.S.H.T.O.  
( CNR UNI 10006 ) - ( LAGO SANTARINI ) :

Questa classificazione, che mette in relazione il limite liquido (WL%) con l'indice plastico (Ip%), fornisce delle indicazioni sulla natura dei terreni fini ( argille e limi ) e sul loro grado di plasticità.

Come risulta dalle tabelle riepilogative dei risultati di laboratorio, riportate nel paragrafo 6 ( Tabella Lago Santarini ), i terreni campionati sono in prevalenza costituiti da delle miscele di argille, limi, sabbie e ghiaie con delle percentuali dei terreni fini ( argille e limi ) prevalenti o significative.

Dalla Carta di Plasticità, i terreni campionati sulle sponde del Lago Santarini risultano costituiti da argille inorganiche a compressibilità bassa e media e solo marginalmente ( 2 campioni ) ad alta compressibilità.





Sempre nella tabella riassuntiva delle analisi di laboratorio è riportata la classificazione H.R.B. - A.A.S.H.T.O. ( CNR UNI 10006 ), che tiene anche conto dei fusi granulometrici, dalla quale risulta che il 27% circa dei terreni campionati ricade nel gruppo  $A_2$  ( nel nostro caso n.1 campione  $A_{2-4}$  e n.2 campioni  $A_{2-6}$  ), mentre il rimanente 73% ricade in parte nel gruppo  $A_4$  ( n.1 Camp. ), in parte  $A_6$  ( n.3 Camp. ), sottogruppo  $A_{7-5}$  ( n.2 Camp. ) e  $A_{7-6}$  ( 1 Camp. ).

Dalla classificazione H.R.B., di seguito riportata, i gruppi/sottogruppi risultanti, ad eccezione del campione classificato  $A_{2-4}$  che ha una media permeabilità, sono classificati come terreni con permeabilità da scarsa a nulla.

Geotecnica: Classificazione dei terreni HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006)

Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiosa							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri	
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 >35%						
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8	
Sottogruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7							
Analisi granulometrica - Frazione passante al setaccio														
2 UNI 2332 %	≤ 80													
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 80	≥80											
0,075 UNI 2332 %	≤15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35		
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332														
Limite liquido	0			≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40		
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤10max	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	>10 (IP>LL30)	>10 (IP>LL30)		
Indice di gruppo	0		0	0		≤4		≤ 8	≤ 12	≤ 18	≤ 20			
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, sconi vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa e argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. compressibili medi plastiche	Argille fort. compressibili forti plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici di origine palustre	
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellenti a buone							Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo	
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				media	elevata	Media	elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o media		elevato	elevato	molto elevato		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla					
Identificazione dei territori in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media e elevata allo strato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido				Fibrosi di colore bruno a nero - facilmente individuabili a vista

- 8 - VALUTAZIONI DELLE PERMEABILITA' DEI TERRENI CAMPIONATI ( LAGO

SANTARINI ) :

Si premette che i campioni prelevati nei sondaggi 1, 5 e 6 riguardano terreni di riporto, mentre i campioni, prelevati nei sondaggi 2, 3 e 4, riguardano terreni naturali in posto.

Dalla Tabella riassuntiva delle analisi di laboratorio, le granulometrie ( setacciatura e decantazione ) evidenziano:

- nei terreni di riporto ( n.8 campioni ), delle percentuali di fine ( argille e limi ) comprese tra il 46% circa e il 94% circa, ad eccezione dei campioni C.3 del S.1 e C.3 del S.6 che hanno rispettivamente delle percentuali di fine del 26% circa e 21% circa;
- nei terreni naturali ( n.3 campioni ), delle percentuali di fine del 94% circa nel C.1 del S.2, del 21% circa nel C.1 del S.4 e 24% circa nel C.1 del S.3.

Sulla base delle % dei terreni fini rinvenuti si può affermare, ai fini delle permeabilità, che i terreni presenti sulle sponde del lago Santarini sono costituiti da delle miscele che, nel caso dei terreni di riporto, hanno notevoli percentuali di fine ( argille e limi ), mentre nel caso delle sponde naturali hanno significative percentuali di fine.

Per una prima valutazione del grado di permeabilità di questi terreni si è fatto riferimento alle Tabelle 1 e 2 ( Casagrande e Fadum ).

Nella Tab.1 sono riportati i coefficienti di permeabilità in considerazione dei terreni o miscele di terreni.

La Tab.2 è definito il grado di permeabilità.

Tabella 1

k cm/sec	10 <sup>0</sup>	10 <sup>1</sup>	1	10	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
drenaggio	buono							povero			praticamente impermeabile		
	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita				sabbia fina, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
							terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

Tabella 2

grado di permeabilità	valore di k (cm/sec)
alto	superiore a 10 <sup>-1</sup>
medio	10 <sup>-1</sup> ÷ 10 <sup>-3</sup>
basso	10 <sup>-3</sup> ÷ 10 <sup>-5</sup>
molto basso	10 <sup>-5</sup> ÷ 10 <sup>-7</sup>
impermeabile	minore di 10 <sup>-7</sup>

Le tabelle sono state estratte dal testo: Elementi di Geotecnica di Pietro Colombo, edito da Zanichelli - Bologna.

Sulla base delle tabelle sopra riportate i terreni rinvenuti si collocano a cavallo tra quelli aventi drenaggio povero tendente all'impermeabile, con un grado di permeabilità da basso a molto basso (  $K = 10^{-5} \div 10^{-7} \text{ cm sec}^{-1}$  ).

A riprova che tali permeabilità sono da ritenersi attendibili è il fatto che le prove di permeabilità Lefranc ( a riguardo si veda il paragrafo 4 ), eseguite nei terreni ghiaiosi sabbiosi con contenuti in fine compresi tra il 7% e 9% circa, hanno evidenziato delle permeabilità

dell'ordine di  $10^{-3} \text{ cm sec}^{-1}$  ( lago Inca1 ) e  $10^{-4} \text{ cm sec}^{-1}$  ( laghi Azzurro e Santarini ).

- 9 - DATI ACQUISITI DAI SONDAGGI R.E.R.:

Allo scopo di verificare il rapporto tra Fiume Marecchia e laghi ex-cava ( Santarini ed Azzurro ) sono stati acquisiti i dati bibliografici, stratigrafie, rete di monitoraggio...etc. utilizzati dagli Uffici Regionali e dalla Provincia di Rimini per eseguire gli studi sulla falda e sulla ricarica della conoide del Marecchia - ( i dati sono stati acquisiti da: servizi moka regione.emilia-romagna.it/moka.App ).

Dei numerosi dati pubblicati sono state utilizzate le stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo e dei pozzi per acqua presenti in zona.

Le stratigrafie utilizzate e la relativa planimetria con ubicazione dei sondaggi/pozzi sono riportati in Appendice C.

Nel caso di un gruppo di perforazioni o di un campo pozzi , è stata scelta la stratigrafia rappresentativa dell'insieme.

Le stratigrafie indicano generalmente depositi alluvionali costituiti da livelli e strati di ghiaie, sabbie e limi, in alternanza.

Il substrato è costituito dalle argille plioceniche.

Le stratigrafie evidenziano come procedendo da monte verso valle, il substrato argilloso pliocenico, si approfondisca rapidamente passando, in sinistra idrografica, dai 5 metri (S3 e S8), località S. Andrea e Fornace, ad oltre 50 metri in prossimità della S.P. Traversante Marecchia (S9).

In destra idrografica il substrato è stato intercettato a 18 mt. in prossimità del Lago Santarini nel S4 Santarini e a 22 metri nel S3 acquisito, per poi approfondirsi in località S.Martino dei Molini a 25.5 metri (S4) e passare ad oltre 55 metri a valle di Case Gnoli dove i pozzi per acqua (S10) non ha intercettato il substrato.

- 10 - MISURAZIONI DELLA FALDA FREATICA, DEI LIVELLI DEI LAGHI E DEL

LIVELLO DEL FIUME MARECCHIA:

10.1 Premesse:

Per il controllo della falda freatica, del livello dell'acqua nei laghi e dei livelli dell'acqua lungo l'asta fluviale del Fiume Marecchia è stato impostato un sistema di monitoraggio costituito da:

- . n.6 piezometri posizionati in prossimità delle sponde perimetrali del lago Santarini ( Piez. S.1, S.2, S.3, S.4, S.5 e S.6 );
- . n.1 piezometro tra il lago Santarini e lago Azzurro, posto ad una distanza di 120 m circa dalla sponda lato Nord del Santarini ( Piez. S.7 );
- . n.5 piezometri posizionati in prossimità delle sponde perimetrali del lago Azzurro ( Piez. SA.2, SA.3, SA.4 e SA.5 );
- . messa in opera, all'interno di ogni lago, di un'asta centimetrica per il controllo dell'abbassamento dei livelli dell'acqua;
- . n. 7 sezioni di controllo del livello dell'acqua nel Fiume Marecchia, nella zona prospiciente i laghi a partire da 150 m circa a monte del lago Santarini ( Sez.1 ) e a finire a 150 m circa a valle del lago Azzurro ( Sez.7 );
- . misure dei prelievi d'acqua dal lago Santarini ( nel lago Azzurro non ci sono stati prelievi ).

Le misure di controllo sono state eseguite contestualmente, con cadenza settimanale, nel periodo compreso tra il 30/Giugno/2022 e il <sup>25</sup>28/Agosto/2022.

Di seguito si riportano le quote assolute e le coordinate geografiche

dei punti di misura ( sondaggi/piezometri, sezioni lungo il Marecchia e  
aste centimetriche ).

Codice punto	Latitudine	Longitudine	Elev.	Coord. Nord	Coord. Est	Quota
S1	44°12'28.30335"N	12°27'17.35130"E	88.505	4879814.528	2316088.881	44.381
S2	44°12'20.36297"N	12°27'22.63455"E	89.054	4879393.890	2316188.880	45.828
S3	44°12'18.32048"N	12°27'22.88014"E	89.071	4879240.986	2316198.718	45.837
S4	44°12'18.88729"N	12°28'58.45800"E	92.887	4879091.844	2316871.981	50.743
S5	44°12'19.83548"N	12°27'00.43475"E	88.918	4879384.898	2315702.545	45.881
S6	44°12'28.43185"N	12°27'05.88858"E	88.824	4879828.314	2316833.842	44.705
S7	44°12'30.55084"N	12°27'22.66381"E	87.854	4879880.286	2316294.789	45.448
A1	44°12'48.50058"N	12°27'34.00201"E	81.082	4880228.249	2316478.683	38.821
A2	44°12'52.90308"N	12°27'38.17345"E	83.047	4880358.223	2316573.683	40.886
A3	44°12'55.30081"N	12°27'48.87874"E	81.894	4880427.188	2316771.814	38.541
A4	44°12'55.08878"N	12°27'58.64404"E	80.298	4880412.840	2317028.084	38.180
A5	44°12'58.25187"N	12°27'53.70887"E	78.782	4880288.773	2316818.882	34.832
A8	44°12'44.58837"N	12°27'48.10861"E	79.471	4880087.886	2316728.794	37.288
bacamento italiano media	44°12'48.87887"N	12°27'34.87337"E	84.447	4880331.284	2316881.773	42.277
Acqua Santini 30 giugno 22 ore 9:10	44°12'47.72853"N	12°27'18.77889"E	84.040	4879587.184	2316073.583	42.728
Acqua Azzurro 30 giugno 22 ore 11:53	44°12'48.48223"N	12°27'48.88518"E	73.427	4880215.838	2316882.974	31.282
Sez. 1 Lettura acqua 30 giugno 22	44°12'20.88237"N	12°28'38.04837"E	86.857	4879418.481	2316180.286	44.712
Sez. 2 Lettura acqua 30 giugno 22	44°12'29.81873"N	12°28'44.88821"E	85.478	4879877.419	2315388.173	43.253
Sez. 3 Lettura acqua 30 giugno 22	44°12'48.04858"N	12°27'08.81844"E	81.478	4880078.588	2316888.731	38.284
Sez. 4 Lettura acqua 30 giugno 22	44°12'48.88238"N	12°27'18.83008"E	79.987	4880251.743	2316132.803	37.810
Sez. 5 Lettura 1 del 30 08 22 (secco)	44°12'52.82884"N	12°27'30.81485"E	78.701	4880397.483	2316404.838	36.836
Sez. 5 Lettura 2 del 30 08 22 (secco)	44°12'52.18888"N	12°27'30.38855"E	77.778	4880342.481	2316388.881	35.811
Sez. 5 Lettura 3 del 30 08 22 (secco)	44°12'52.34545"N	12°27'30.22078"E	78.548	4880347.802	2316388.178	36.584
Sez. 6 Lettura 1 del 30 08 22 (secco)	44°13'01.88381"N	12°27'50.80438"E	78.364	4880830.121	2316888.378	34.214
Sez. 6 Lettura 2 del 30 08 22 (secco)	44°13'02.47588"N	12°27'50.74048"E	75.801	4880845.812	2316882.440	33.782
Sez. 6 Lettura 3 del 30 08 22 (secco)	44°13'02.78807"N	12°27'50.88481"E	76.181	4880854.883	2316881.704	34.853
Sezione 7 Lettura 1 del 30 08 22 (secco)	44°13'01.08088"N	12°27'58.33888"E	75.088	4880587.351	2317052.488	32.851
Sezione 7 Lettura 2 del 30 08 22 (secco)	44°13'01.27218"N	12°27'58.20129"E	74.388	4880803.037	2317048.577	32.231
Sezione 7 Lettura 3 del 30 08 22 (secco)	44°13'01.57287"N	12°27'58.01038"E	75.034	4880812.448	2317048.614	32.888

Nella Tavola 1I ( Planimetria scala 1:5.000 ) sono riportate le  
ubicazioni dei punti di monitoraggio.



## 10.2 Fiume Marecchia e laghi:

Lungo l'asse del Fiume Marecchia sono state individuate 7 sezioni di controllo, da 1 a 7 da monte a valle, situate in corrispondenza dei Laghi Santarini ed Azzurro ( si veda la Tav. 1I ).

Le letture dei livelli sono iniziate contemporaneamente a quelle dei piezometri e dei laghi.

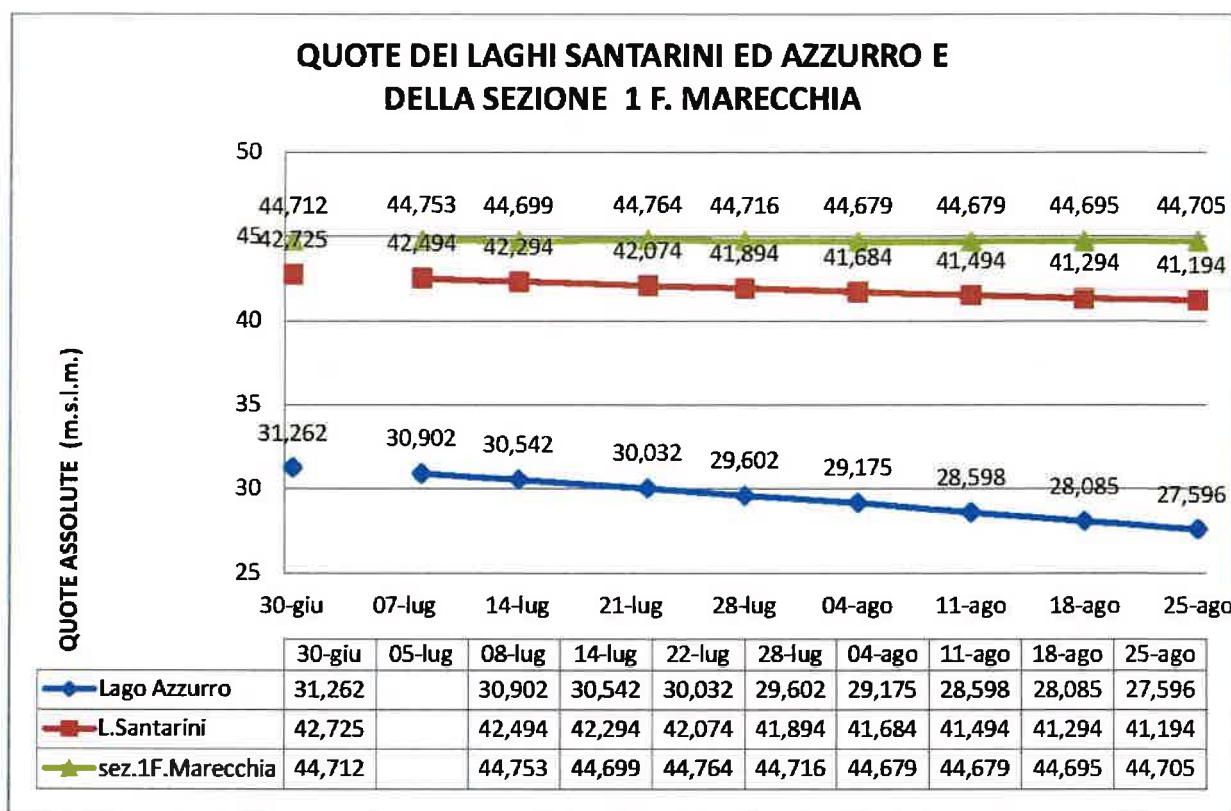
DATA	30.06	8.07	14.07	22.07	28.07	4.08	11.08	18.08	25.08
SEZ. 1 MARECCHIA	44.712	44.753	44.699	44.764	44.716	44.679	44.679	44.695	44.705
SEZ. 2 MARECCHIA	43.253	43.260	43.274	43.274	43.274	43.274	43.274	43.274	43.274
SEZ. 3 MARECCHIA	39.284	39.233	39.233	39.233	39.233	39.233	39.233	39.233	39.233
SEZ. 4 MARECCHIA	37.810	37.785	37.785	37.785	37.785	37.785	37.785	37.785	37.785
SEZ. 5 MARECCHIA	36.176	36.176	36.176	36.176	36.176	36.176	36.176	36.176	36.176
SEZ. 6 MARECCHIA	34.009	34.009	34.009	34.009	34.009	34.009	34.009	34.009	34.009
SEZ. 7 MARECCHIA	32.692	32.692	32.692	32.692	32.692	32.692	32.692	32.692	32.692
L.SANTARINI	42.725	42.494	42.294	42.074	41.894	41.684	41.494	41.294	41.194
L.AZZURRO	31.262	30.902	30.542	30.032	29.602	29.175	28.598	28.085	27.596

Si può notare come già alla prima lettura del 30 Giugno le sezioni 5 - 6 - 7, poste di fronte al Lago Azzurro, erano prive di acqua.

La settimana successiva ( 8 Luglio) anche le sezioni 3 e 4 risultavano asciutte.

Al 14 Luglio anche la sezione 2 risulta asciutta.

Di seguito si riportano gli andamenti dei livelli dell'acqua nei laghi e sezioni lungo il Fiume Marecchia.



Il livello del lago Santarini rimane circa costante, con abbassamenti dal 30 giugno al 25 Agosto di 1,531 mt., mentre nel lago Azzurro l'abbassamento è di a 3.67 mt circa.

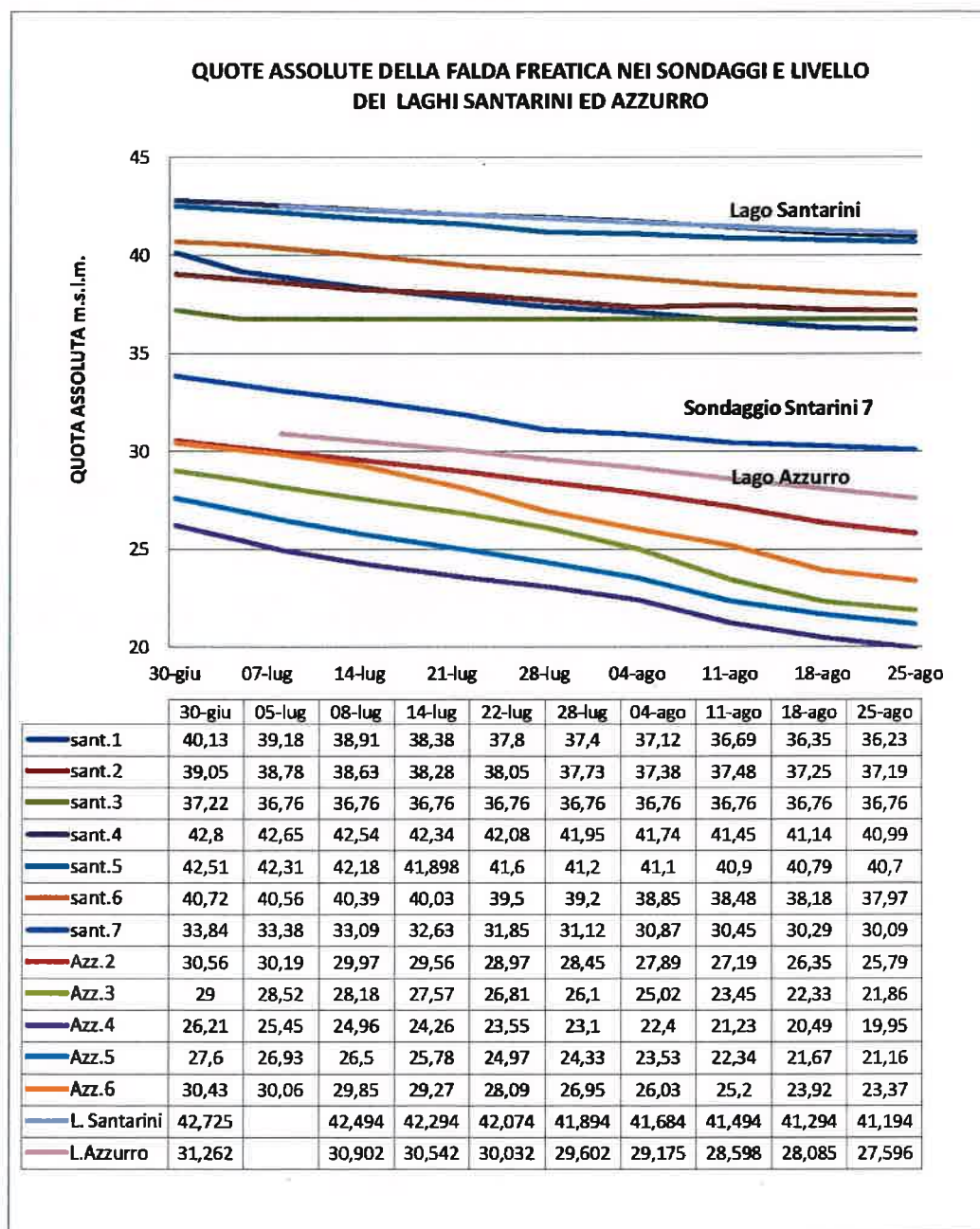
Le misure dell'abbassamento del Lago Santarini non tengono conto dei prelievi di acqua eseguiti nel periodo di controllo dal Golf e dall'Azienda Montanari ( nel lago Azzurro non ci sono stati prelievi ).

Il livello nel Fiume Marecchia è in questa sezione costante ( Sez. 1 ), in concordanza con l'andamento del substrato e l'approfondimento dello stesso da monte verso valle: dai 18/20 mt. a monte del lago Santarini ad oltre 30 mt. in prossimità della S.P. Traversante Marecchia, per passare ad oltre 50 mt. in corrispondenza del Lago Azzurro, indicando come l'acqua si infiltri in profondità nei livelli ghiaiosi che drenano le acque del Fiume Marecchia.

### 10.3 Piezometri e laghi:

Sono stati misurati i livelli della falda, le misurazioni sono state poi rapportate (nota la quota assoluta del p.c. alla testa dei piezometri) in quote assolute.

Considerando la differenza di quote dei rispettivi sondaggi dei laghi, sono state separate le due situazioni.



La quota assoluta della falda zona Lago Santarini è intorno a 40 mt. ( escludendo il sondaggio 7 che è autonomo rispetto ai due gruppi di sondaggi ), le quote nei sondaggi Lago Azzurro sono intorno a 30 mt.

Considerando nell'insieme le quote dei due laghi si può notare come la profondità della falda si differenzi tra loro.

Nel Lago Santarini è compresa tra -5 e -10 mt. dal p.c. con abbassamenti dell'ordine di due metri circa.

Nel Lago Azzurro il livello della falda è compreso tra -13 e -18 mt., con abbassamenti fino a 7 mt. circa.

Il sondaggio Santarini 7, intermedio tra le due situazioni, è più simile alle condizioni dei sondaggi del Lago Azzurro ( falda a - 15.0 m dal p.c. e abbassamento di 4.00 m circa ).

La discontinuità tra le due situazioni sembrerebbe indicare una non connessione tra i due laghi, per cui le acque del Lago Santarini, non vanno ad alimentare le falde di conoide sottostanti il Lago Azzurro.

Il forte abbassamento del livello del Lago Azzurro è da addebitare alla diversa permeabilità delle sponde e del fondo, che favorisce l'infiltrazione dell'acqua in falda ( a riprova si evidenzia che il livello del Lago Azzurro si è abbassato di 3,67 m, mentre il Lago Santarini si è abbassato di 1,531 m circa compresi i prelievi ).

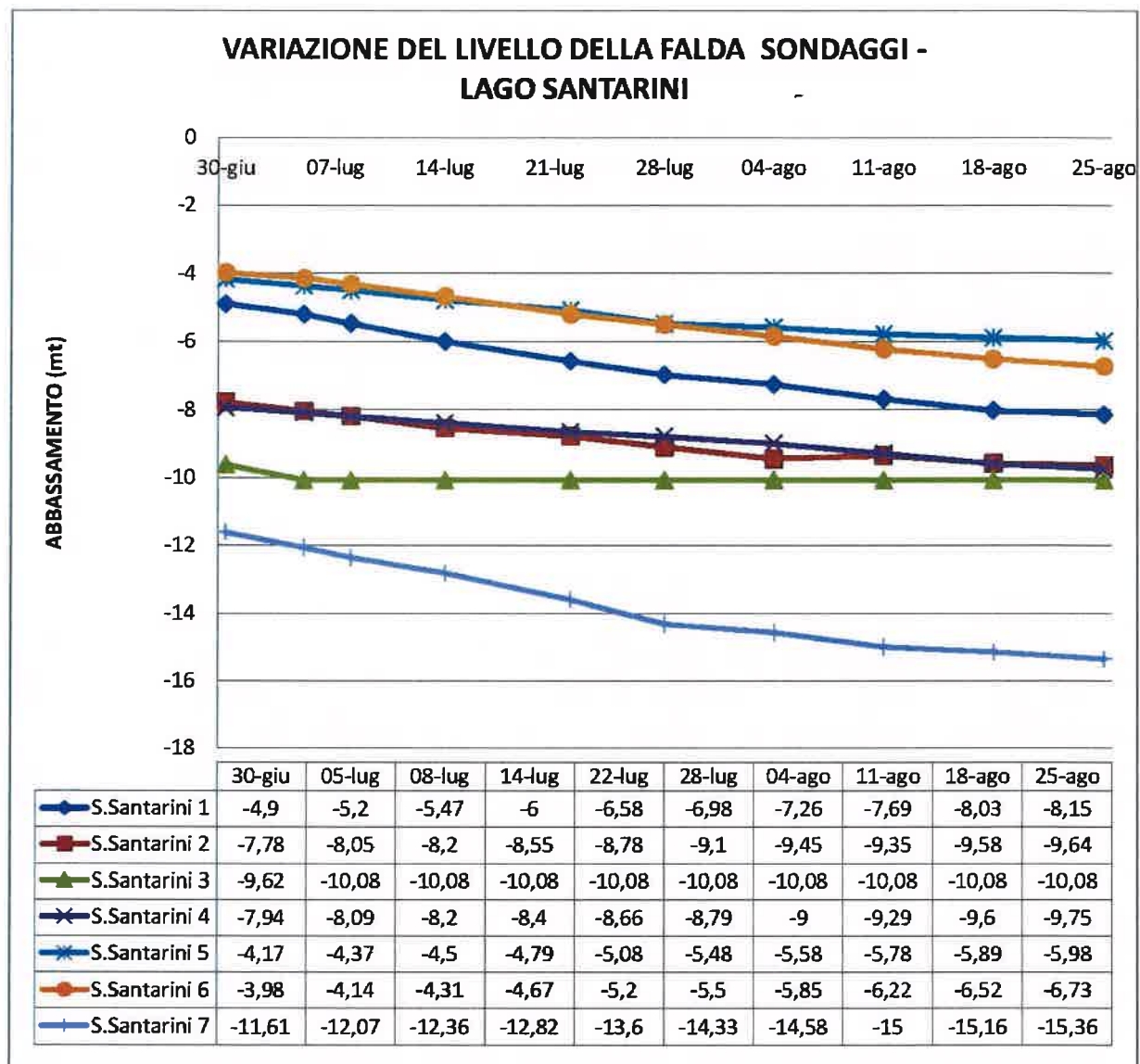
#### 10.3.1 Lago Santarini:

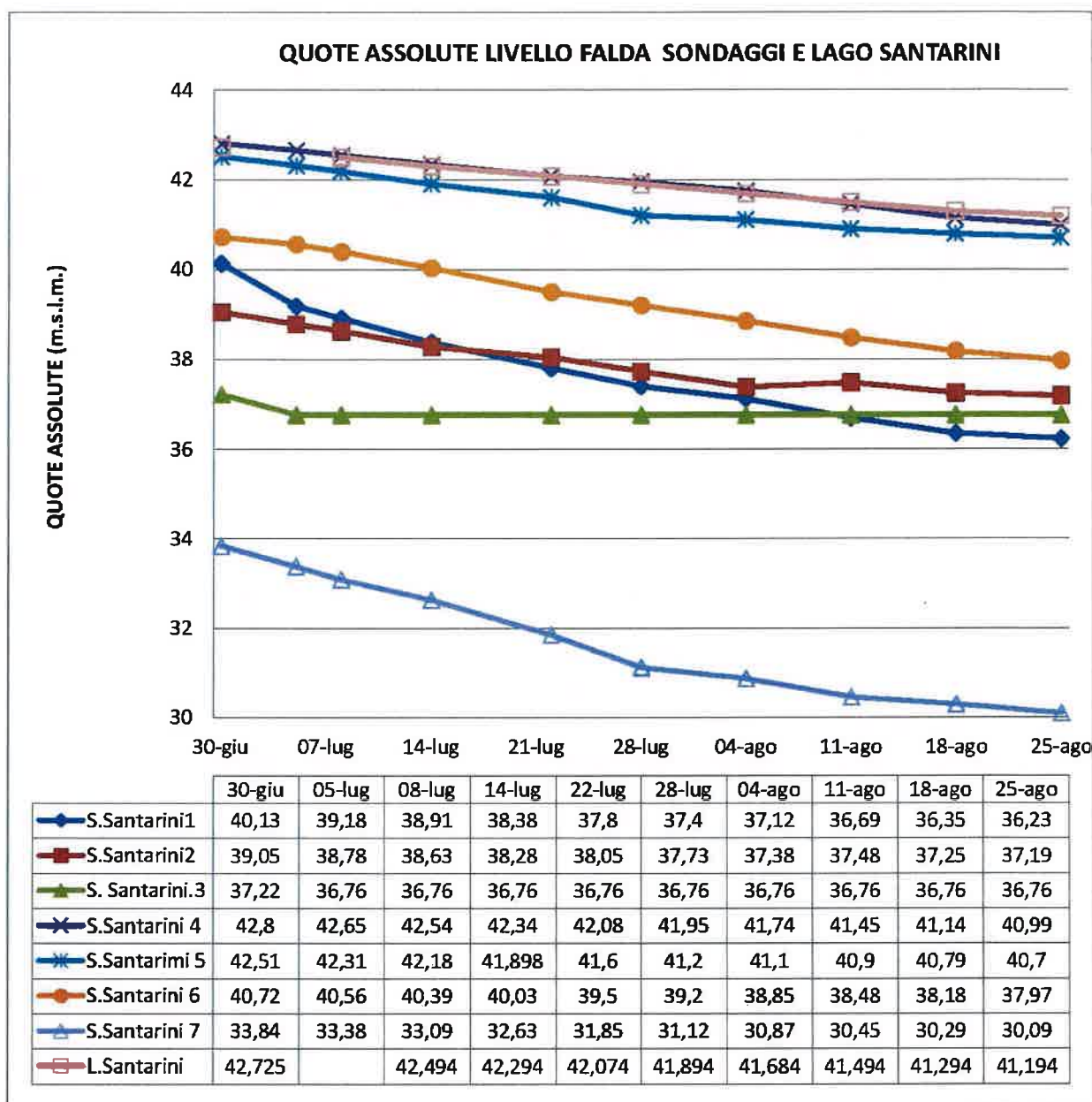
Le quote della falda nei sondaggi a monte S4 ed S5, coincidono all'incirca con il livello del Lago Santarini ( sono leggermente più basse ).

Le quote nei sondaggi S1 ed S2 hanno comportamento simile, nel S6 è intermedio ai due gruppi, e una quota piezometrica inferiore e risentono di un abbassamento costante.

Il livello del S7 ha un gradiente maggiore, con abbassamento di 3,75 m.

I modesti abbassamenti della falda nei sondaggi 4 e 5, sono da collegare al fatto che questi ricadano nelle aree interessate dalla irrigazione e pertanto hanno subito la ricarica per infiltrazione.





Nella zona del Lago Santarini sono stati controllati il 28.07.2022 ed il 25.08.2022, in concomitanza con le altre misure dei sondaggi, due pozzi privati dei quali non sono noti stratigrafia, profondità, caratteristiche, denominati:

Pozzo Montanari quota 50.9 m.s.l.m. ca.

Pozzo Monaldini quota 47.0 m.s.l.m. ca.



I pozzi, sono ubicati nella zona lato San Martino dei Molini, le misure effettuate sono state confrontate con i sondaggi Santarini 4 e Santarini 2.

Sond/pozzi	Sondaggio S2 Quota 46.83		Sondaggio S4 Quota 50.74		Pozzo Montanari Quota 50.8 ca.		Pozzo Monaldini Quota 47.81 ca.	
Misura/ data	Livello falda mt	Quota falda mt	Livello falda mt	Quota falda mt	Livello falda mt	Quota falda mt	Livello falda mt	Quota falda mt
28 luglio	-9.1	37.73	-8.79	41.95	-13.80	37.0	-18.40	29.41
25 agosto	-9.64	37.19	-9.75	40.99	-16.31	34.49	-21.20	26.61
<b>Δ mt</b>	0.54		0.96		2.51		2.8	

Dal confronto dei dati si evidenzia come il comportamento della falda sia diverso:

- l'abbassamento nei sondaggi Santarini, nello stesso periodo, è inferiore ad 1 metro, mentre nei pozzi è superiore a 2,5 mt
- le quote assolute della falda sono diverse

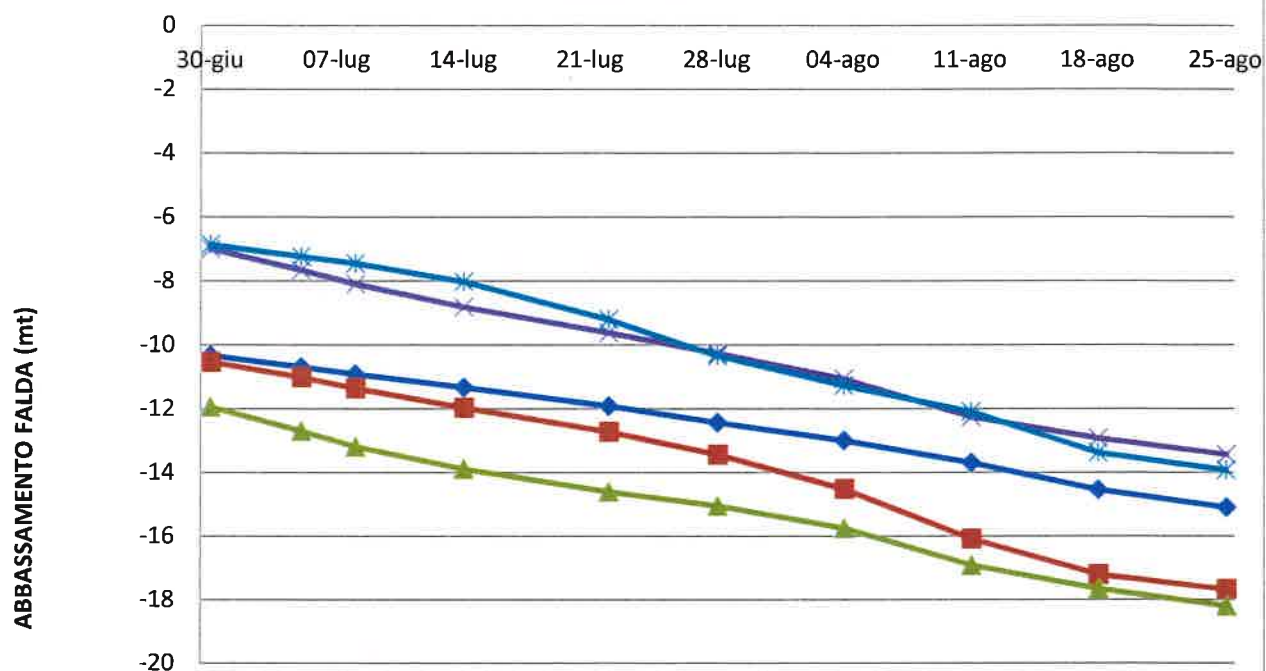
si può ritenere che la falda intercettata sia diversa, quella dei sondaggi è più superficiale e collegata al Lago Santarini, quella dei pozzi più profonda e legata alle acque dei terrazzi alluvionali affioranti a San Martino dei Molini.

#### 10.3.2 Lago Azzurro:

Il livello del lago è sempre superiore al livello della falda freatica intercettata nei sondaggi.

L'abbassamento della falda è costante nel tempo e non si evidenziano condizioni anomale.

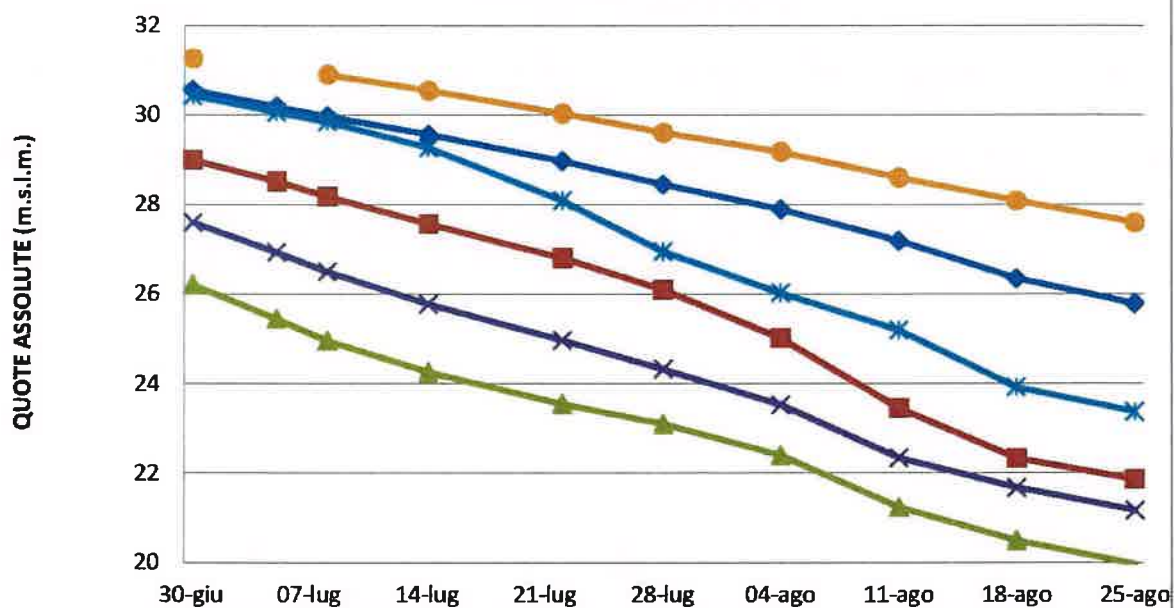
### VARIAZIONE DEL LIVELLO DELLA FALDA - SONDAGGI LAGO AZZURRO



	30-giu	05-lug	08-lug	14-lug	22-lug	28-lug	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago
◆ S.Azzurro 2	-10,33	-10,7	-10,92	-11,33	-11,92	-12,44	-13	-13,7	-14,54	-15,1
■ S.Azzurro 3	-10,54	-11,02	-11,36	-11,97	-12,73	-13,44	-14,52	-16,09	-17,21	-17,68
▲ S.Azzurro 4	-11,94	-12,7	-13,19	-13,89	-14,6	-15,05	-15,75	-16,92	-17,66	-18,2
✕ S.Azzurro 5	-7	-7,67	-8,1	-8,82	-9,63	-10,27	-11,07	-12,26	-12,93	-13,44
* S.Azzurro 6	-6,87	-7,24	-7,45	-8,03	-9,21	-10,35	-11,27	-12,1	-13,38	-13,93



## QUOTE ASSOLUTE LIVELLI FALDA NEI SONDAGGI E LAGO AZZURRO



	30-giu	05-lug	08-lug	14-lug	22-lug	28-lug	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago
—◆— Sond.Azz.2	30,56	30,19	29,97	29,56	28,97	28,45	27,89	27,19	26,35	25,79
—■— Sond.Azz.3	29	28,52	28,18	27,57	26,81	26,1	25,02	23,45	22,33	21,86
—▲— Sond.Azz.4	26,21	25,45	24,96	24,26	23,55	23,1	22,4	21,23	20,49	19,95
—×— Sond.Azz.5	27,6	26,93	26,5	25,78	24,97	24,33	23,53	22,34	21,67	21,16
—*— Sond.Azz.6	30,43	30,06	29,85	29,27	28,09	26,95	26,03	25,2	23,92	23,37
—●— Lago Azzurro	31,262		30,902	30,542	30,032	29,602	29,175	28,598	28,085	27,596

- 11 - RAPPORTO FIUME MARECCHIA - LAGHI:

L'andamento della falda conferma l'andamento generale già evidenziato dagli studi R.E.R. e ARPAE.

Nel periodo considerato, vista la perdurante assenza di piogge si evidenzia il veloce approfondimento della falda freatica, soprattutto nel lago Azzurro.

Nel grafico di confronto tra i livelli del lago/livelli fiume e livello piezometrico nei sondaggi Santarini ed Azzurro, si evidenzia quanto segue:

- LAGO SANTARINI

Lago Santarini e sondaggi S.4 e S.5 sembrerebbero direttamente collegati con stessa quota piezometrica se non fosse che entrambi ricadono pienamente entro aree irrigate per tutto il periodo considerato.

Se così fosse realmente, a prescindere dall'irrigazione, nei periodi invernali forse potrebbero essere alimentati anche dalla falda di subalveo del Fiume Marecchia.

I sondaggi S.1, S.2, S.3, S.6 risentono in misura minore dell'alimentazione del lago Santarini, hanno una quota piezometrica inferiore e hanno un abbassamento costante.

Il livello del sondaggio S.7 ha un gradiente maggiore con abbassamenti di 3.75 metri circa, che denota un comportamento simile al lago Azzurro.

- LAGO AZZURRO

L'abbassamento della falda nei sondaggi è in tutti i casi maggiore dell'abbassamento dell'acqua nel lago ( - 3.67 m circa ).

In alcuni casi, come nei sondaggi SA.3 e SA.6, e quasi il doppio.

Nei sondaggi SA.2, SA.4 e SA.5 l'abbassamento della falda è compresa tra - 4.77 m e - 6.71 m circa.

Questi forti abbassamenti sono da attribuire ad una maggiore permeabilità del fondo del lago e anche dal diminuito apporto della falda di subalveo del Fiume Marecchia che risulta in secca già dalle misure eseguite dall'8 Luglio in poi relativamente alle sezioni 3, 4, 5, 6 e 7.

- 12 - CLIMATOLOGIA:

Allo scopo di verificare le condizioni climatiche dell'area sono stati considerati i valori di temperatura (°C) e precipitazione (mm) alle stazioni di Vergiano (dal 1997) e S. Arcangelo di R., caratterizzate da condizioni geografiche ed altimetriche simili tra loro ed alla zona di interesse.

Della Stazione di Vergiano non sono stati considerati i valori pluviometrici essendo discontinui.

Per il periodo 1988-1996, è stata considerata la stazione di Rimini, avente caratteristiche diverse, ma facente parte del bacino del Marecchia, poiché la stazione di Vergiano, non era ancora attivata.

Le caratteristiche delle stazioni sono le seguenti:

- Stazione di Santarcangelo: stazione Termo Pluviometrica ( Tr e P ), individuata dal Servizio Idrografico come Stazione di pianura tra Uso e Marecchia, quota 38 m.s.l.m., attiva dal 1900.
- Stazione di Rimini: stazione Termometrica (Tr), individuata dal Servizio Idrografico come Stazione del bacino del Marecchia, quota 2 m.s.l.m., attiva dal 1933
- Stazione di Vergiano: stazione Termo Pluviometrica ( Tr e P ), individuata dal Servizio Idrografico come Stazione del bacino del Marecchia, quota 36 m. s.l.m., attiva dal 1990, con dati pubblicati dal 1997.

Sono stati pertanto considerati i dati climatici dal 1988 al 2020, pubblicati negli Annali Idrologici da ARPAE.

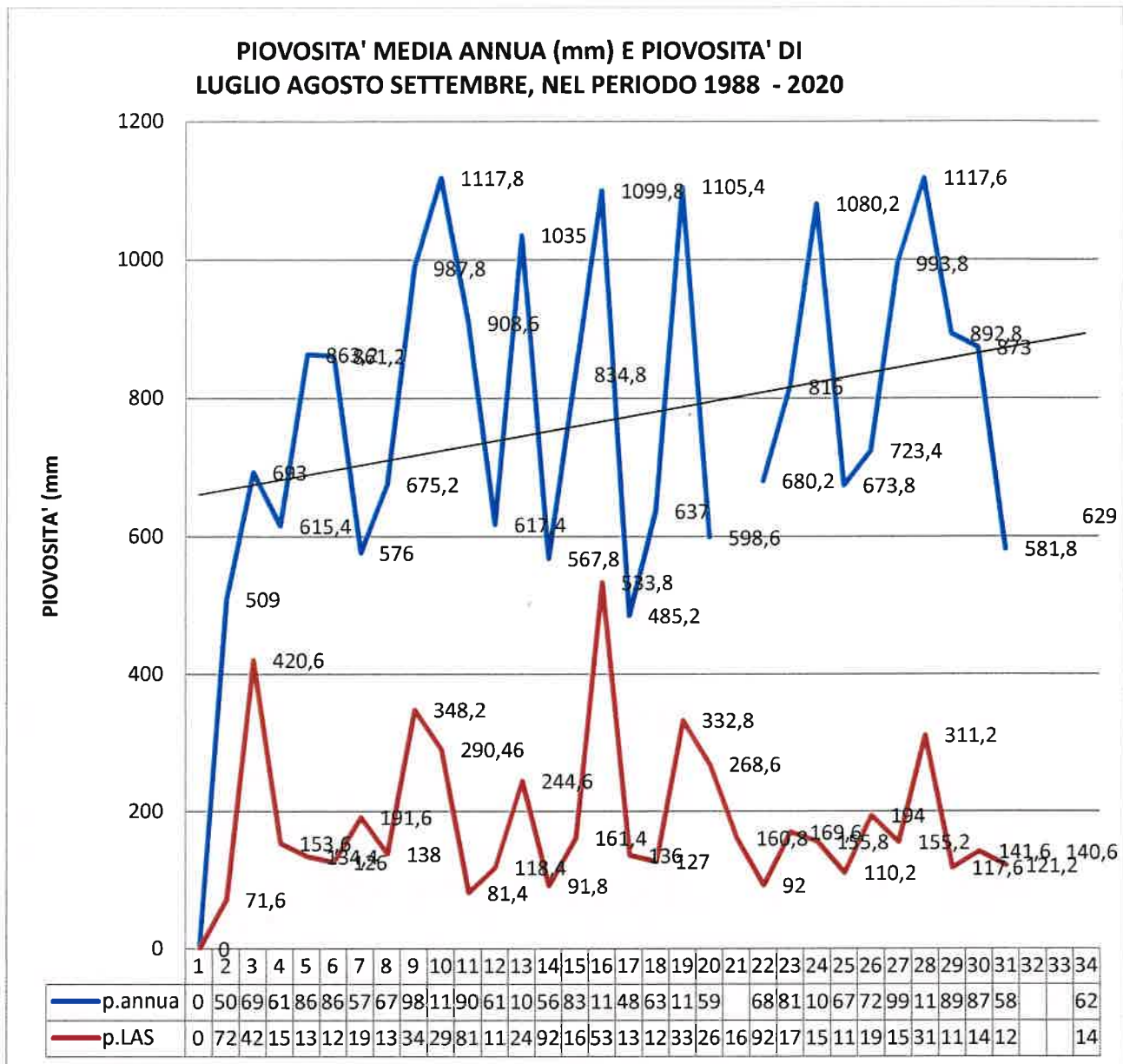
Dei numerosi dati a disposizione sono stati considerati:

- Temperatura media annua e temperatura media per il periodo Luglio Agosto Settembre, confrontabile con il periodo di osservazione nel progetto.
- Piovosità cumulativa annua e nel periodo Luglio Agosto Settembre.



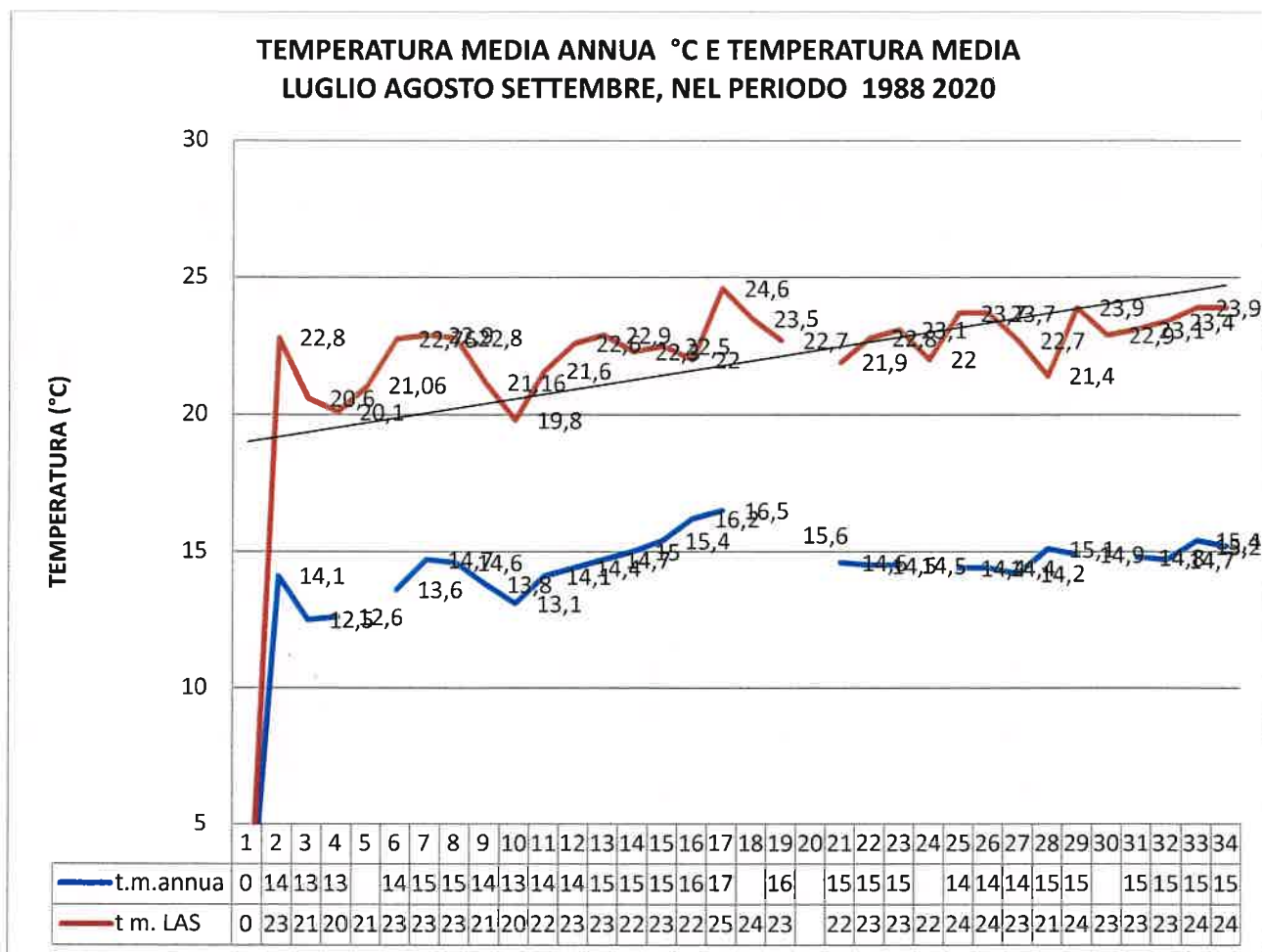
I dati così acquisiti sono stati inseriti in tabella e riportati in grafico.

anno	t.m.annua	t m. LAS	p.annua	p.LAS
1988	14,1	22,8	509	71,6
1989	12,5	20,6	693	420,6
1990	12,6	20,1	615,4	153,6
1991		21,06	863,2	134,4
1992	13,6	22,76	861,2	126
1993	14,7	22,9	576	191,6
1994	14,6	22,8	675,2	138
1995	13,8	21,16	987,8	348,2
1996	13,1	19,8	1117,8	290,46
1997	14,1	21,6	908,6	81,4
1998	14,4	22,6	617,4	118,4
1999	14,7	22,9	1035	244,6
2000	15	22,3	567,8	91,8
2001	15,4	22,5	834,8	161,4
2002	16,2	22	1099,8	533,8
2003	16,5	24,6	485,2	136
2004		23,5	637	127
2005	15,6	22,7	1105,4	332,8
2006			598,6	268,6
2007	14,6	21,9		160,8
2008	14,5	22,8	680,2	92
2009	14,5	23,1	816	169,6
2010		22	1080,2	155,8
2011	14,4	23,7	673,8	110,2
2012	14,4	23,7	723,4	194
2013	14,2	22,7	993,8	155,2
2014	15,1	21,4	1117,6	311,2
2015	14,9	23,9	892,8	117,6
2016		22,9	873	141,6
2017	14,8	23,1	581,8	121,2
2018	14,7	23,4		
2019	15,4	23,9		
2020	15,2	23,9	629	140,6



Le precipitazioni presentano picchi di massimo e minimo in alternanza, si evidenziano inoltre estati piovose a cadenza decennale.

Le temperature evidenziano una tendenza all'aumento nel tempo.





- 13 - PRELIEVI DAI LAGHI:

Si premette che nel Lago Azzurro non sono stati eseguiti prelievi d'acqua.

Attualmente vengono fatti due prelievi dal Lago Santarini con pompe sommerse.

L'acqua viene utilizzata per l'irrigazione di un campo da golf posto qualche chilometro a monte del lago e per alcune aree circostanti il lago Santarini.

Campo da golf: nel periodo dal 30 Giugno al 25 Agosto sono state eseguite misure di controllo al contatore posto sulla condotta di invio, in prossimità della presa

DATA	ORA	MISURA (mc)	CONSUMO TOT. NEL PERIODO (mc)
30.06.2022	10.45	00.128760	
8.07.2022	12.30	00139070	
14.07.2022	13.55	00147630	
21.07.2022	12.20	00157660	
28.07.2022	11.40	00165300	
4.08.2022	11.00	00173410	
11.08.2022	11.07	00181350	
18.08.2022	12.15	00188080	
25.08.2022	11.20	00188080	59320

Per il periodo considerato ( 30 Giugno - 25 Agosto ) pari a 57 giorni si ha un prelievo medio giornaliero pari a 1040 mc./giorno.

Se si tiene conto che nella settimana compresa tra il 18/09 e 25-08 non ci sono stati prelievi, l'effettivo prelievo giornaliero è stato di 1.185,4 mc./giorno

Irrigazione area circostante: vengono irrigati 3 ettari coltivati a kiwi e vigna, in altre aree vicine sono state piantumate 50.000 piante forestali per i rimboschimenti ed è stata realizzata una vasca di stoccaggio da 5000 mq circa.

Nel complesso l'impianto di irrigazione funziona dalle 15 alle 24 ore/giorno.

Il prelievo viene fatto con una pompa sommersa da 12 hp, ed una portata oraria compresa tra 57 e 70 mc.

Il proprietario indica un prelievo di 1200 mc/giorno per 20 ore di funzionamento medio con portata di 60 mc/ora.

Per il periodo 30 Giugno - 25 Agosto, pari a 57 giorni, si ha un consumo di 68.400 mc.

Considerando la vicinanza al lago delle aree irrigate e le caratteristiche di permeabilità dei terreni corrispondenti ( si vedano i sondaggi S.4 e S.5 ), parte dell'acqua, non utilizzata dalle piante, è andata in conoide e in parte può essere rientrata probabilmente nel lago dalle falde freatiche più superficiali.

**Prelievi totali Lago Santarini:**

- Irrigazione golf mc/giorno 1040 - prelievo nel periodo 59.320 mc. circa.
- Irrigazione agricola mc/giorno 1200 - prelievo nel periodo 68.400 mc. circa.

Per un prelievo totale nel periodo di 127.720 mc, ed un prelievo giornaliero medio di 2240 mc/giorno

- 14 - PERDITE PER EVAPORAZIONE DELLO SPECCHIO LIQUIDO:

L'evapotraspirazione è conseguente a due fenomeni:

1. Fisico - evaporazione

L'evaporazione avviene in atmosfera durante le precipitazioni e alla superficie dei laghi, corsi d'acqua e suolo umido.

2. Biologico - traspirazione

La traspirazione è legata alla copertura vegetale.

Nel nostro caso: specchio d'acqua, la quantità di acqua evaporata è determinata dalle caratteristiche dell'aria, che fissa il potere evaporante dell'atmosfera e della superficie dell'acqua libera, per cui l'evaporazione potenziale coincide con l'evapotraspirazione:

$$E_p \equiv E_{TP}$$

Per la valutazione dei valori di evapotraspirazione sono state determinate espressioni empiriche che considerano parametri climatici.

Le più usate sono quelle di Turc e Thornthwaite.

Formula di Turc:

$$E_{TR} = \frac{P}{\sqrt{0,9 + P^2/L^2}} \quad \text{dove:}$$

$P$  = precipitazione in mm;

$$L = 300 + 15T + 0.05 T^3;$$

$T$  = temperatura media annua in °C.

I coefficienti in  $L$  considerano i dati climatici di pressione atmosferica, geografici, latitudine, medi.

Formula di Thornthwaite

$$EP = 1.6 \left( 10 \frac{T}{I} \right)^a$$

$T$  = temperatura in °C;



$I$  = somma dell'indice mensile di evapotraspirazione potenziale;

$$\alpha = 0.49239 + 1792 \times 10^{-5} \times I - 771 \times 10^{-7} \times I^2 + 675 \times 10^{-9} \times I.$$

Il coefficiente  $\alpha$ , per la complessità e l'abbondanza dei coefficienti numerici ( in funzione di temperature medie mensili, mese dell'anno e latitudine ) e i numeri decimali, rendono la formula difficilmente precisa, inoltre questa formula risulta generalmente più valida in climatologia piuttosto che in idrologia.

In questo caso: specchio liquido, viene considerata la formula di Visentini su base mensile,

$$E_p = 2.25 \times T_m^{1,5} \text{ [m / mese]}$$

dove:

$E_p$  = altezza in m di acqua evaporata in un mese;

$T_m$  = Temperatura media mensile °C;

2.25 = coefficiente per piccoli laghi.

Considerando le temperature medie mensili del periodo (1991 - 2019), si ottengono i seguenti valori di evapotraspirazione mensili:

mesi	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
$T$ (°C)	5,5	6,7	10,2	13,6	17,9	22,0	24,3	24,2	20,0	15,8	11,3	6,8
$E_p$ (mm)	29,0	39,0	73,3	112,8	170,4	232,2	269,5	267,9	201,2	141,3	85,5	39,9

Sommando i valori sopra riportati si ottiene l'evaporazione annuale complessiva pari a 1662,1 mm.

Quindi il volume di acqua evaporata  $Q$  in mc è valutabile, con la seguente formula:

$$Q = S_L \times H_{EP} \quad \text{dove}$$

$Q$  = volume di acqua evaporata [ mc ];

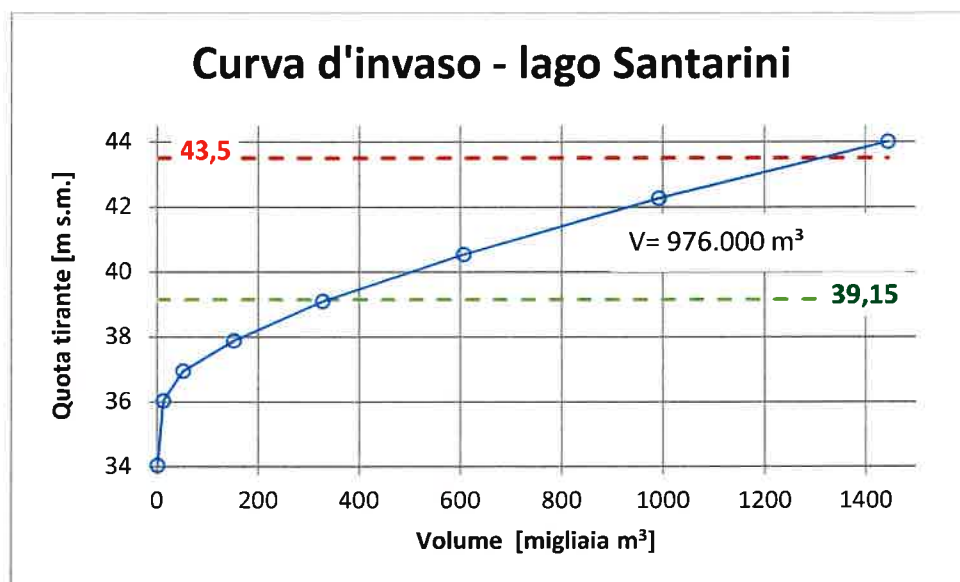
$S_L$  superficie liquida del bacino [mq];

$H_{EP}$  = altezza di evaporazione dello specchio liquido [ m ].

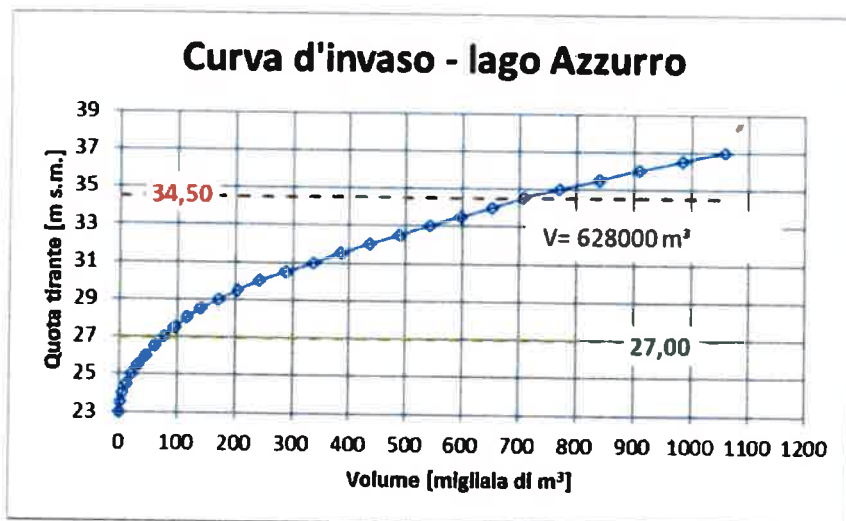
- 14.1 - Stato attuale:

Dai dati riportati nella Relazione dell'Ing. A. Vanni All.1.2 al Progetto Definitivo risulta che:

Lago Santarini: superficie alla quota di massimo invaso 43.5 m s.l.m. pari a circa 257.000 mq ed un volume utile di 976.000 mc., con una quota di minimo invaso a 39.0 m. s.l.m..



Lago Azzurro : superficie alla quota di massimo invaso 34.50 m s.l.m. pari a circa 112.967 mq ed un volume utile di 628.000 mc., con una quota di minimo ( fondo ) invaso a 27.0 m. s.l.m..



Si considera la superficie ( 22,6 Ha ) 226.000 mq del Lago Santarini corrispondente alla quota ( 41,50 m slm ) associata al volume utile medio.

Allo stesso modo si considera la superficie ( 10,3 Ha ) 103.000 mq del Lago Azzurro corrispondente alla quota ( 32,00 m slm ) associata al volume utile medio.

Da cui si ottengono i volumi d'acqua evaporati in un anno:

<b>PERDITA PER EVAPORAZIONE DELLO SPECCHIO LIQUIDO</b> $Q = S_L \times H_{EP}$	
LAGO SANTARINI	LAGO AZZURRO
TOTALE 375.634 mc/anno	TOTALE 171.196 mc/anno

- 15 - VALUTAZIONE DELL'INFILTRAZIONE DAL FONDO DEI LAGHI SANTARINI ED  
AZZURRO:

Allo scopo di verificare l'infiltrazione dal fondo dei laghi sia in favore della ricarica della conoide, sia per valutare il bilancio idrologico dei laghi è stata verificata la permeabilità dei materiali costituenti il fondo dei laghi.

Dalle stratigrafie dei sondaggi eseguiti sul Lago Azzurro, riportate nei paragrafi 4 e 5 della presente, si evince chiaramente che il Lago Azzurro è interessato quasi esclusivamente dalla presenza di terreni ghiaiosi sabbiosi prevalenti.

Nel periodo Novembre 2021 ( lago asciutto ) è stato eseguito un sondaggio, spinto alla profondità di - 5,20 m circa a partire dal fondo lago.

La stratigrafia indica un modesto spessore di materiali limo argillosi più superficiali, seguiti da ghiaie sabbiose prevalenti, debolmente limoso argillose.

In quel periodo la falda era posizionata a - 2,90 m circa dal fondo lago.

Contestualmente sono state eseguite delle prove di permeabilità Lefranc nelle ghiaie sabbiose sotto falda.

La permeabilità, verificata mediante prove Lefranc, eseguita sulle ghiaie, è risultata pari a

$$1.68 \times 10^{-6} < K \text{ [m/sec]} < 1.76 \times 10^{-6}$$

$$1.68 \times 10^{-4} < K \text{ [cm/sec]} < 1.76 \times 10^{-4}$$

Dalle stratigrafie dei sondaggi eseguiti sul Lago Santarini, anch'esse riportate nei paragrafi 4 e 5 della presente, emerge chiaramente che le sponde del Santarini sono state interessate da dei riporti di terreni limosi argillosi.

Nel periodo Novembre 2021 nel lago Santarini era presente una notevole quantità di acqua che non ci ha permesso di operare direttamente sul fondo del lago.

Il sondaggio è stato eseguito lungo la sponda Ovest.



La stratigrafia indica fino a 5.5 m dal p.c. materiali di riporto limoso-argillosi prevalenti con sabbie e limi, da 5.5 m ad 8.0 m ghiaie sabbiose, debolmente limo argillose.

In quel periodo la falda era posizionata a - 4.20 m circa dal p.c..

Contestualmente sono state eseguite delle prove di permeabilità Lefranc nelle ghiaie sabbiose sotto falda.

La permeabilità, verificata mediante prove Lefranc, eseguita sulle ghiaie, è risultata pari a

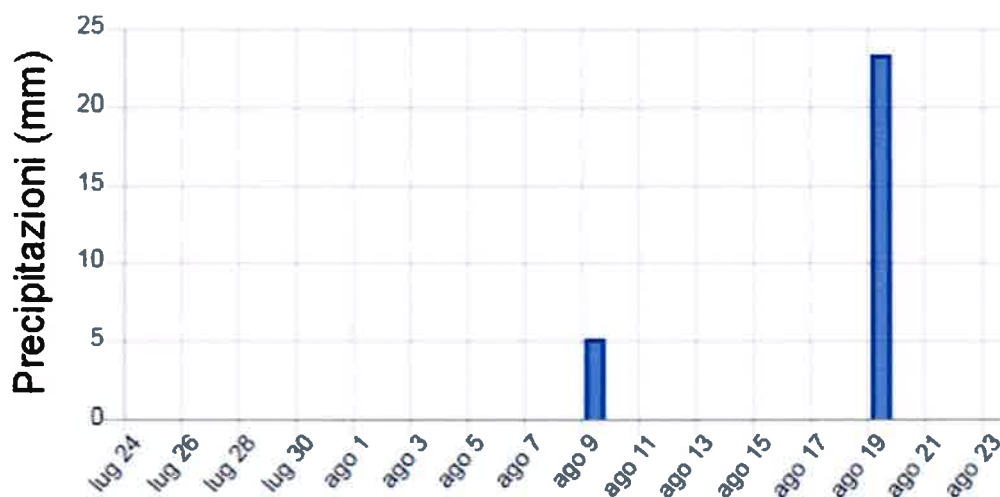
$$1.04 \times 10^{-6} < K \text{ [m/sec]} < 1.11 \times 10^{-6}$$

$$1.04 \times 10^{-4} < K \text{ [cm/sec]} < 1.11 \times 10^{-4}$$

Nelle figure 2 e 3 sono riportate in planimetria aerea dei laghi con indicate le zone naturali ( lago Santarini ) e interessate dai riporti ( Lago Azzurro ).

Per verificare i valori di infiltrazione del fondo lago Santarini ed Azzurro sono state considerate le condizioni critiche estive per il periodo Luglio - Agosto 2022, con piovosità quasi nulla e massima evaporazione della superficie liquida.

E' stata inoltre considerata la pioggia verificatasi ad Agosto e registrata alla stazione di Santarcangelo, risultata per il mese pari a 28.5 mm. ( 9 Agosto 5.2 mm., 19 Agosto 23.3 mm ).



Sono stati considerati per la valutazione del bilancio di ogni lago, gli abbassamenti rilevati da Luglio ad Agosto.

Per i valori di temperatura, mancando le misurazioni mensili Luglio ed Agosto 2022, sono stati considerati i valori medi mensili nel periodo 1991 - 2019 ( Relazione Ing. M. Donati)

La relazione che determina il bilancio è:

$$\text{Volume invasato} = \text{Deflussi} - E_p - \text{Erog} - \text{Perdite}$$

da cui:

$$\text{Perdite} = \text{Volume invasato} - E_p - \text{Erog} + \text{Deflussi}$$

dove:

Volume invasato = volume acqua disponibile;

$E_p$  = Evaporazione dello specchio liquido;

Erog = erogazione acqua per irrigazione;

Deflussi =: nel nostro caso sono dati dalle Precipitazioni

=0 per il mese di Luglio;

= 28.5 mm per il mese di Agosto;

Perdite = infiltrazioni dal fondo

L'equazione finale da considerare è:

$$\text{Infiltrazione} = \Delta L - E_p - \text{Erog} + \text{Deflussi}$$

dove:

$\Delta L$  abbassamento del livello dei laghi [m]

Per il lago Azzurro non si hanno erogazioni

Per il lago Santarini si hanno le irrigazioni del campo da golf e di alcuni terreni circostanti [m]

Mese	Data lettura	Lago Santarini Quote	$\Delta L$ [mt] abbassamento	Lago Azzurro quote	$\Delta L$ = abbassamento [mt]
<b>LUGLIO</b>	30.6.2022	42.725	<b>0.831</b>	31.262	<b>1.66</b>
	5.7.2022	42.494		30.902	
	14.7.2022	42,294		30,542	
	22.7.2022	42.074		30,032	
	28.7.2022	41.894		29.602	
<b>AGOSTO</b>	4.8.2022	41.684	<b>0.70</b>	29.175	<b>2.006</b>
	11.8.2022	41.494		28.598	
	18.8.2022	41.294		28.085	
	25.8.2022	41.194		27.596	
<b>Abbassamento totale</b>			<b>1.531</b>		<b>3.67</b>

- Temperatura media mensile considerata, da relazione Idrologica di  
progetto Ing. Donati:

Luglio (1991 - 2019) 24.3°C

Agosto (1991 - 2019) 24.2°C

- Evaporazione della superficie del lago:

per il calcolo mensile è stata considerata la formula del Visentini:

$$E_p = 2.25 \times T_m^{1,5} \text{ [m / mese]}$$

dove:

$E_p$  = altezza in m di acqua evaporata in un mese;

$T_m$  = Temperatura media mensile °C;

2.25 = coefficiente per piccoli laghi.

$$\text{Luglio} = 2.25 \times 24.3^{1.5} = 0.2695 \text{ m/mese}$$

$$\text{Agosto} = 2.25 \times 24.2^{1.5} = 0.2678 \text{ m/mese}$$

Per una  $E_p$  giornaliera pari a:

$$\text{Luglio} = 0.008693 \text{ m/g}$$

$$\text{Agosto} = 0.008638 \text{ m/g}$$

Considerando il periodo considerato, 32 gg. a Giugno/Luglio e 25 gg ad Agosto si ha:

$$\underline{\text{Luglio} = 0.278 \text{ m}}$$

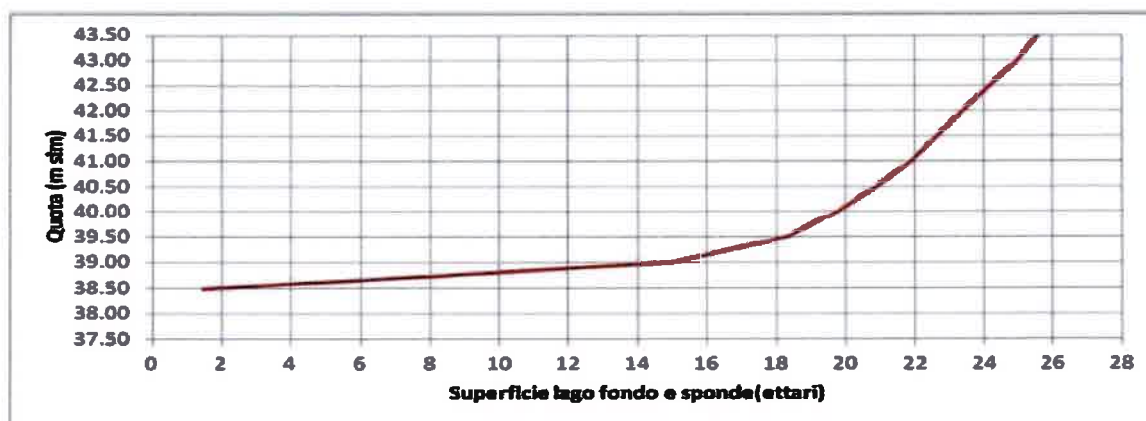
$$\underline{\text{Agosto} = 0.216 \text{ m}}$$

- Superficie di fondo dei laghi:

I grafici sono estratti da "Relazione di calcolo" A.1.2 Ing. A. Vanni 15/09/2022.

**- LAGO SANTARINI**

La superficie laterale del lago comprende il fondo e le sponde ha un andamento con la quota pari a quello illustrato di seguito:



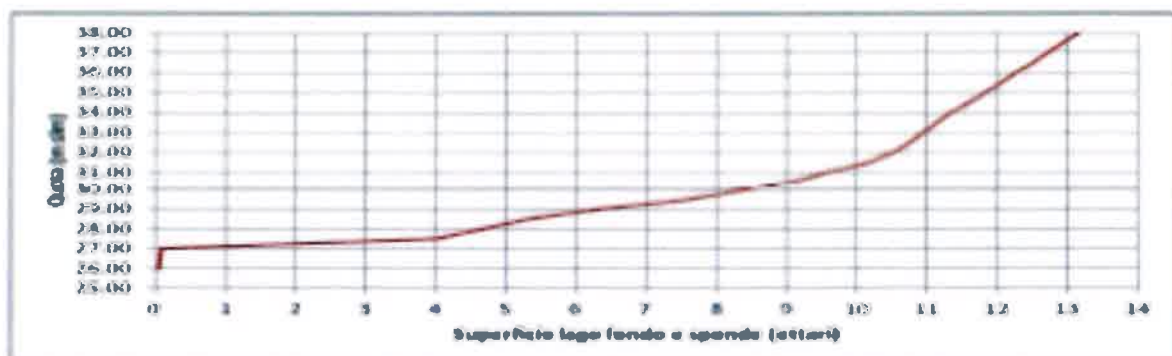
Curva dell'andamento della superficie reale ( non proiettata ) del lago Santarini in funzione della quota considerata ( Fig. 3 – Relazione Ing. A. Vanni )



La superficie del lago corrispondente alla quota di 41,50 m, livello medio del periodo considerato, è pari a 22,6 Ha circa ( 226.600 mq ).

- LAGO AZZURRO

La superficie laterale del lago comprendente il fondo e sponde ha un andamento con la quota pari a quello illustrato di seguito ( il tratto da 34,50 m s.l.m. a 38,00 m s.l.m. è stato interpolato in base all'andamento dell'ultimo tratto precedente per stimare l'effetto della presenza degli argini di progetto che frappongono il lago Azzurro con le due aree ribassate a Sud-Est )



Curva dell'andamento della superficie reale ( non protetta ) del lago Santarini in funzione della quota considerata ( Fig. 5 – Relazione Ing. A. Vanni )

La superficie del lago corrispondente alla quota di 32 m, livello medio del periodo considerato, è pari a 10,3 Ha circa ( 103.000 mq ).

- Deflussi ( Pioggie ):

Coincidono con le precipitazioni, verificatesi nel solo periodo di Agosto e registrata alla Stazione di Santarcangelo, per un totale mensile di 28,5 mm = 0,0285 m.

Lago Santarini Rapportata alla superficie ( 25.7 Ha per una quota di 43,5 m ) del Lago Santarini si ha un incremento di volumi per effetto della pioggia di 7.325 mc.

Lago Azzurro Rapportata alla superficie ( 11,8 Ha per una quota di 36 m ) del Lago Azzurro si ha un incremento di volumi per effetto della pioggia di 3.363 mc.

DEFLUSSI LAGO SANTARINI					DEFLUSSI LAGO AZZURRO				
MESE	P (mm)	P (mt)	Sup. lago (mq)	mc tot.	MESE	P (mm)	P (mt)	Sup. lago (mq)	mc tot.
LUGLIO	0	0	257.000	0	LUGLIO	0	0	118.000	0
AGOSTO	28.5	0,0285	257.000	7.325	AGOSTO	28.5	0,0285	118.000	3363

**Prelievo, per il solo Lago Santarini**

Mese	Giorni considerati	Prelievo giornaliero [mc]	Prelievo totale nel periodo[mc]	Superficie lago Da grafico Relazione di calcolo Ing Donati * e riferito alla quota misurata del livello lago 42 m.s.l.m.	Prelievo/sup [m]
<b>Giu.</b>					
<b>Luglio</b>	31 + 1	2240	71680	235000	<b>0.305</b>
<b>Agosto</b>	25	2240	56000	235000	<b>0.238</b>

- INFILTRAZIONE LAGO SANTARINI:

$$\text{Infiltrazione} = \Delta L - E_p - E_{\text{rog}} + \text{Deflussi}$$

LUGLIO ( 30 Giugno - 31 Luglio )  $I = 0.831 - 0,278 - 0,305 + 0 = 0,248$   
m / mese.

AGOSTO ( 1 Agosto - 25 Agosto )  $I = 0.70 - 0,216 - 0,238 + 0,0285 = 0,2745$   
m / mese.

Considerando i due periodi e trasformandoli in secondi si ha:

32 gg = 2.764.800 sec;

25 gg = 2.160.000 sec.

Si ottiene un'infiltrazione pari a :

Luglio  $0,248 / 2.764.800 = 8.97 \times 10^{-8}$  m/sec;

Agosto  $0,2745 / 2.160.000 = 1,27 \times 10^{-7}$  m/sec.

Per un'infiltrazione media pari a  $1.08 \times 10^{-7}$  m / sec [  $1.08 \times 10^{-5}$  cm / sec ].

Corrispondente a valori di permeabilità di sabbie fini, limi e argille, poco permeabili.

- INFILTRAZIONE LAGO AZZURRO:

$$\text{Infiltrazione} = \Delta L - E_p + \text{Deflussi}$$

LUGLIO ( 30 Giugno - 31 Luglio )  $I = 1.66 - 0,278 + 0 = 1,382$  m / mese.

AGOSTO ( 1 Agosto - 25 Agosto )  $I = 2.006 - 0,216 + 0,0285 = 1,8185$   
m / mese.

Considerando i due periodi e trasformandoli in secondi si ha:

32 gg = 2.764.800 sec;

25 gg = 2.160.000 sec.

Si ottiene un'infiltrazione pari a :

Luglio  $1,382 / 2.764.800 = 4,99 \times 10^{-7}$  m/sec .

Agosto  $1,8185 / 2.160.000 = 8,42 \times 10^{-7}$  m/sec.

Per un'infiltrazione media pari a  $6,70 \times 10^{-7} \text{ m / sec}$  [  $6,70 \times 10^{-5} \text{ cm / sec}$  ].

Corrispondente a valori di permeabilità di sabbie fini da poco a permeabili.



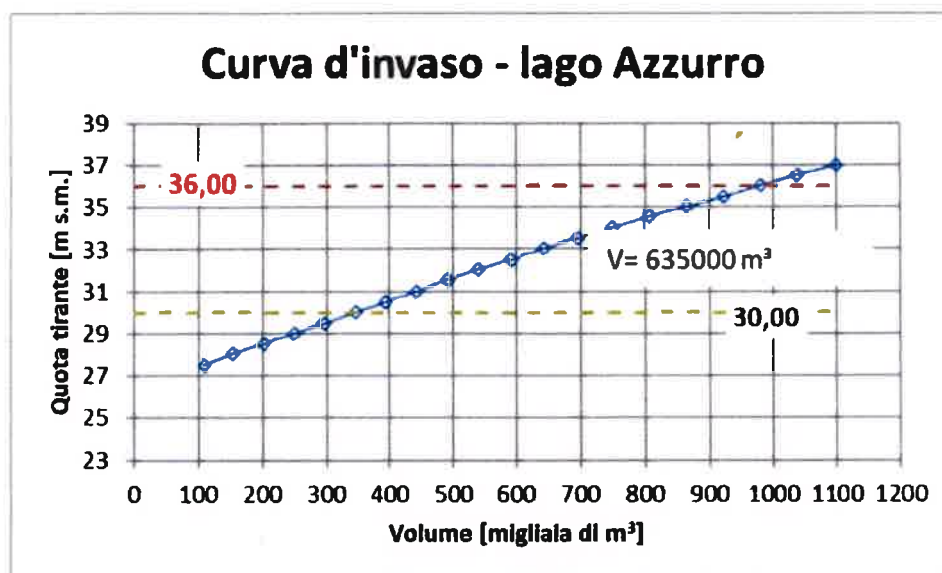
**- 16 - STATO DI PROGETTO:**

Per il Lago Santarini non ci sono variazioni, mentre per il Lago Azzurro, come descritto ed evidenziato nel Progetto Definitivo dell'Ing. Vanni si avranno delle modifiche rispetto allo stato attuale.

**LAGO AZZURRO**

La superficie alla quota di massimo invaso 36 m. s. l. m. è pari a 118.000 mq, il volume utile, con quota di minimo invaso a 30 m. s. l. m., è di 635.000 mc.

LAGO AZZURRO			
Quote	m.s.l.m.	Volume invasato mc	Superfici Ha
Quota fondo	27,5	111.000	9,1
Quota minima invaso	30,0	345.000	9,6
Quota max invaso	36,0	980.000	11,8
VOLUME UTILE		635.000	



- 17 - DATI GENERALI PER BILANCIO IDROLOGICO:

Considerato che, per garantire il minimo vitale nel Fiume Marecchia, il termine delle derivazioni corrisponde ai primi di Maggio e le irrigazioni di soccorso terminano alla fine di Ottobre, viene preso in considerazione tale periodo.

Nei rimanenti sei mesi ( Novembre - Aprile ), nel letto del Fiume scorre acqua, progressivamente la falda si alza sensibilmente e i laghi di fatto non hanno significativi abbassamenti.

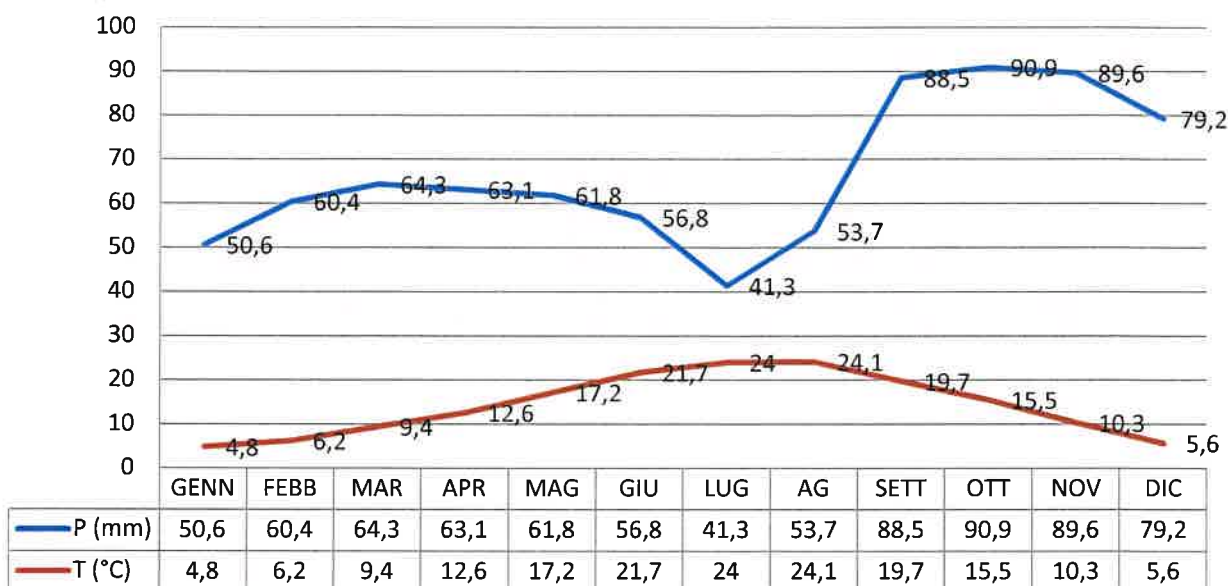
Al termine del periodo di ricarica per derivazione i bacini sono al massimo invaso con volumi utili totali di:

	Quota max invaso m.s.l.m.	Quota minimo invaso m.s.l.m	Volume utile mc
Lago Santarini	43,5	39,0	976.000
Lago Azzurro	36,0	30,0	635.000

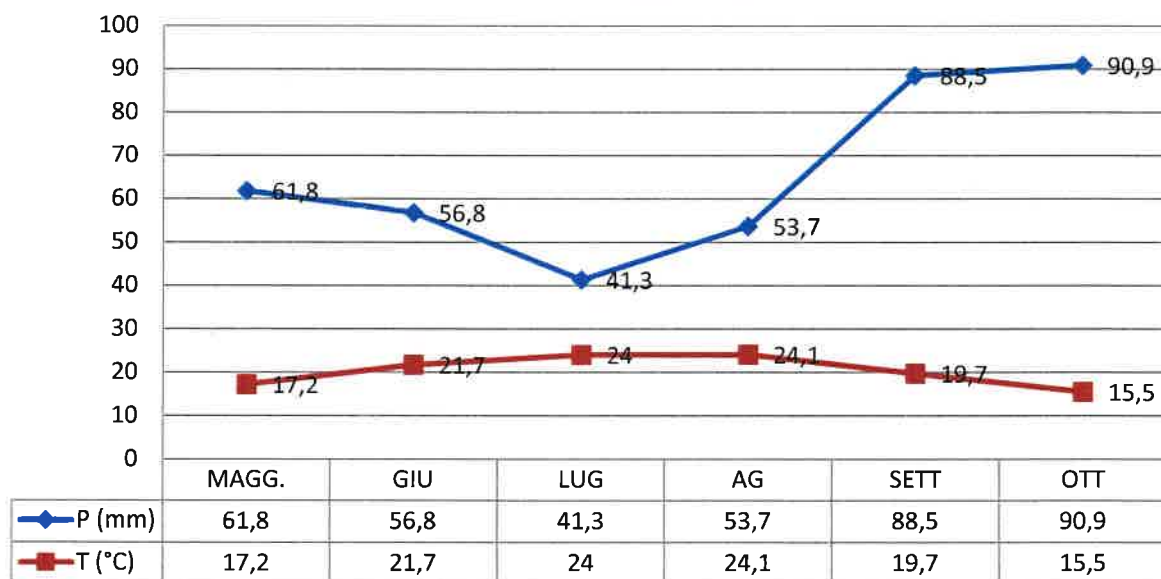
Nel bilancio idrologico vengono considerate le stazioni di S. Arcangelo per la pluviometria e Vergiano per la termometria.

Il periodo di osservazione è dal 1991 al 2020.

**PIOVOSITA' E TEMPERATURA MEDIA ANNUA NEL PERIODO 1991-2020**



**PIOVOSITA' E TEMPERATURA MEDIA NEL PERIODO MAGGIO -OTTOBRE**



Considerando il periodo, abbiamo rispettivamente per i due laghi, i seguenti contributi, positivi e negativi al bilancio idrologico.

Periodo irriguo Maggio - Ottobre	Contributo
<b>LAGO SANTARINI</b>	
. Piovosità	+
. Evapotraspirazione	-
. Infiltrazione	-
. Ricarica per derivazione del Fiume Marecchia	0
. Irrigazione golf ed uso agricolo ( Montanari )	-
<b>LAGO AZZURRO</b>	
. Piovosità	+
. Evapotraspirazione	-
. Infiltrazione	0
. Irrigazione	-

#### 17.1 Bilancio per il periodo Maggio - Ottobre:

##### 17.1.1 Piovosità' e Temperatura:

Nei sei mesi di periodo irriguo le condizioni climatiche sono le seguenti:

	P (mm)	T (°C)
MAGG.	61,8	17,2
GIU	56,8	21,7
LUG	41,3	24
AG	53,7	24,1
SETT	88,5	19,7
OTT	90,9	15,5

Per un totale di piovosità, nei sei mesi, pari a 393 mm (0.393 mt)  
ed una temperatura media di 20,36 °C

Considerando le superfici dei laghi si ha:



Lago Santarini massimo invaso a 43,5 m. superficie 257.000 mq x  
0.393 m. = 101.001 mc.

Lago Azzurro massimo invaso a 36,0 m. superficie 118.000 mq x  
0.393 m. = 46.374 mc.

PIOVOSITA' (m) mensile		LAGO SANTARINI 257.000 mq Contributo mensile mc	LAGO AZZURRO 118.000 mq (Progetto) Contributo mensile mc
MAGG.	0.0618	15.882,6	7.292,4
GIU	0.0568	14.597,6	6.702,4
LUG	0.0413	10.614,1	4.873,4
AG	0.0537	13.800,9	6.336,6
SETT	0.0885	22.744,5	10.443,0
OTT	0.0909	23.361,3	10.726,2
Contributo in 6 mesi mc		101.001 mc	46.374 mc

#### 17.1.2 Evapotraspirazione ( $E_p$ ):

La formula di Visentini su base mensile fornisce i valori di evapotraspirazione considerando le temperature note per il periodo Maggio - Ottobre:

TEMPERATURA °C	$E_p$ media mensile mm    mt		Lago Santarini (226.000 mq) $E_p$ media mensile mc	Lago Azzurro (103.000 mq) $E_p$ media mensile mc
17,2	80,3	0,080	18137	8266
21,7	227,4	0,227	51402	23427
24,0	264,5	0,265	59787	27248
24,1	266,2	0,266	60161	27419
19,7	196,7	0,197	44462	20264
15,5	68,7	0,069	15515	7071
Totale mc			249464	113694

### 17.1.3 Infiltrazione:

L'infiltrazione si ha solo per il Lago Santarini, sul quale non vengono eseguiti lavori di impermeabilizzazione, per cui non si hanno variazioni rispetto allo stato attuale.

Vengono considerati i valori di infiltrazione media ottenuti con i calcoli eseguiti in base agli abbassamenti misurati nel periodo Luglio-Agosto 2022.

L'infiltrazione media è pari a :

Luglio 0,248 m/mese

Agosto 0,2745 m/mese

L'infiltrazione media mensile è 0,26125 mt, pari a 1,5675 m nei sei mesi considerati.

Considerando la superficie di 226.000 mq ( 22,6 Ha) del Lago Santarini, corrispondente alla quota ( 41,50 m slm ) associata al volume utile medio, si ha un'infiltrazione nel periodo di sei mesi pari a 354.255 mc.

### 17.1.4 Prelievi per irrigazioni: impianto golf e zone agricole

#### Prelievo impianto golf

Dai dati che ci ha fornito il responsabile del Golf Sig. Di Giuli L., la società ha una concessione annua di 240.000 mc, in realtà il consumo è inferiore ed è distribuito nei mesi in funzione della piovosità che si registra.

Mediamente i giorni di prelievo sono:

Maggio 10 giorni

Giugno 15 gg

Luglio 20gg

Agosto 31 gg

Settembre 21 gg

Ottobre 10gg

Nelle misurazioni fatte alla pompa posta al Lago Santarini, si ha un prelievo giornaliero di 1040 mc, per cui si può considerare un prelievo così distribuito:

Maggio 10 giorni	x 1040 mc/gg	= 10.400 mc
Giugno 15 gg	x 1040 mc/gg	= 15.600 mc
Luglio 20 gg	x 1040 mc/gg	= 20.800 mc
Agosto 31 gg	x 1040 mc/gg	= 32.240 mc
Settembre 21 gg	x 1040 mc/gg	= 21.840 mc
Ottobre 10 gg	x 1040 mc/gg	= 10.400 mc
<u>Totale gg 107</u>		<u>tot = 111.280 mc</u>

Prelievo impianto zona agricola kiwi e piante da rimboschimento

La ditta preleva, come da misure di controllo eseguite alla pompa, mediamente 1.200 mc/giorno, considerando le stesse giornate di irrigazione considerate per il golf, 107 gg.

Si ottiene un prelievo stimato pari a = 107gg. x 1.200 mc/g = 128.400 mc.

Il prelievo totale è pari a 111.280 + 128.400 = 239.680 mc.

17.1.5 Bilancio finale periodo irriguo:

LAGO SANTARINI ( Invariato )

Volume utile iniziale - max invaso	976.000 mc
Derivazione dal Fiume Marecchia	0
Piovosità	+ 101.000 mc
Evapotraspirazione	- 249.464 mc
Infiltrazione ( ricarica conoide )	- 354.255 mc
Prelievo impianto golf	- 111.280 mc
Prelievo uso irriguo ( Montanari )	- 128.400 mc
<u>Volume utile disponibile</u>	<u>233.943 mc</u>

LAGO AZZURRO ( Condizione di Progetto )

Volume utile iniziale - max invaso	635.000 mc
Derivazione dal Fiume Marecchia	0
Piovosità	+ 46.374 mc
Evapotraspirazione	- 113.694 mc
<u>Volume utile disponibile</u>	<u>567.680 mc.</u>

Ai volumi disponibili per le irrigazioni vanno tolti i 15.000 mc d'acqua previsti per l'alimentazione di soccorso di alcune aree golenali destinate alla creazione della " Prateria Mediterranea con piante erbacee alte e giunchiglie " ( a riguardo si veda il paragrafo 3.1.1 della Relazione Generale ) che di fatto, ai fini del bilancio, sono destinati a tornare in conoide.

Pertanto, la disponibilità di acqua per l'irrigazione è di:  
 $233.943 + 567.680 = 801.281 \text{ mc} - 15.000 \text{ mc} = 786.281 \text{ mc}.$

Di fatto anche i volumi dei prelievi ( Golf e Montanari ), pari a  $111.280 \text{ mc} + 128.400 \text{ mc} = 239.680 \text{ mc}$ , ritornano in conoide attraverso le irrigazioni.

LAGO AZZURRO ( Condizione attuale )

Volume totale - max invaso	628.000 mc
Piovosità <u>media annua</u> ( nel periodo 1991 - 2020 )	+ 90.373 mc
Evapotraspirazione	- 171.196 mc
<u>Volume attuale disponibile in conoide</u>	<u>550.177 mc</u>

In sintesi:

- . Il Volume disponibile per le irrigazioni è di 786.281 mc;
- . Il volume che sarà utilizzato per la realizzazione della Prateria Mediterranea è di 15.000 mc;
- . Il volume già utilizzato per le irrigazioni ( Golf/Montanari ) è di 239.680 mc;
- . Volume del Lago Santarini che va in conoide ( infiltrazioni ) rimane invariato ( 354.250 mc );
- . Volume del Lago Azzurro che attualmente va in conoide = 550.177 mc..



Per valutare i volumi d'acqua che effettivamente tornano in conoide va tolta la percentuale utilizzata dalle piante/evaporata durante l'irrigazione/alimentazione di soccorso Prateria Mediterranea ( a riguardo si veda il paragrafo 3.3 della Relazione di Calcolo dell'Ing. Alberto Vanni elaborato A.1.2. ).

Dal bilancio dei laghi risulta che il volume d'acqua disponibile per l'irrigazione è di 786.281 mc, mentre il volume di acqua che viene a mancare alla conoide è di 550.177 mc, corrispondente al massimo invaso dello stato di fatto del Lago Azzurro.

Naturalmente, ai fini della ricarica della conoide, sono da conteggiare anche i 15.000 mc previsti per creare la Prateria Mediterranea a fini ambientali.

- 18 - CONSIDERAZIONI SUL BILANCIO IDRICO:

E' ampiamente accertato che il lago Azzurro è stato scavato in un contesto geolitologico costituito dalle alluvioni ghiaiose sabbiose prevalenti del Fiume Marecchia e che gli spessori di tali materiali, in zona, sono ampiamente più profondi dell'attuale quota di fondo lago ( 27,0 m s.l.m.m. circa ).

Pertanto si può affermare che, dopo l'impermeabilizzazione del lago, nell'intorno dello stesso le circolazioni d'acqua, alimentate principalmente dal Fiume Marecchia, sono garantite dalle condizioni litologiche in essere.

Considerato quanto sopra riportato, è altrettanto certo che la realizzazione dell'impermeabilizzazione non costituisce una barriera al naturale deflusso delle acque del Fiume Marecchia in conoide.

L'attuale volume di massimo invaso è di 570.117 mc.

Nei periodi invernali di massima ricarica della conoide l'acqua, per risalita della falda, si invasa nell'attuale depressione che costituisce il lago Azzurro.

Si evidenzia che per avere la certezza che il lago, nei periodi di massima ricarica della falda, viene alimentato esclusivamente dalla stessa, servirebbero le contestuali misure della falda ( piezometri ) e del livello dell'acqua nel lago.

Premesso quanto sopra riportato, e nell'ipotesi che il lago attualmente venga alimentato esclusivamente dalla falda, le condizioni idrogeologiche prima e dopo l'intervento di impermeabilizzazione risultano:

. CONDIZIONE ATTUALE LAGO AZZURRO

- . Volume attuale di massimo invaso 550.177 mc
- . Sponde e fondo naturale, non impermeabilizzato

Si considerano tre condizioni critiche/limite

- a) Al termine del periodo irriguo il lago è vuoto per il mancato apporto delle acque di falda della conoide, poiché il livello della falda è minore del fondo del lago.

La circolazione idrica avviene interamente in conoide.

Il volume dell'acqua accumulata nel lago è 0, si ha solo l'apporto delle precipitazioni, alle quali va tolta l'evaporazione

- b) Al termine del periodo invernale, il lago è in condizione di massimo invaso, poiché è stato ricaricato dalla falda di conoide ed il livello statico della falda coincide con la quota di massimo invaso. Il volume di acqua a disposizione è in condizione di equilibrio, il lago non viene alimentato e non cede acqua, per cui teoricamente questo volume è sottratto alla quantità di acqua a disposizione che andrebbe direttamente in conoide.

Il volume dell'acqua massimo accumulato è di 550.177 mc, comprensivo dell'apporto delle precipitazioni, al quale va tolta l'evaporazione

- c) Periodo irriguo, il lago è all'incirca nella condizione di massimo invaso.

Nel periodo irriguo estivo la falda si abbassa naturalmente, il Lago Azzurro funge da vasca di ricarica nei confronti della conoide: quando il livello della falda si abbassa il flusso idrico è in direzione

lago / conoide. ( la conoide, in quel periodo, è ricaricata anche dalle acque irrigue ).

. CONDIZIONE DI PROGETTO LAGO AZZURRO

- . Volume di massimo invaso 567.680 mc ( acqua derivata )
- . Sponde e fondo lago impermeabilizzato

Si considerano le tre condizioni critiche/limite

- a) Al termine del periodo irriguo il lago è alla quota di minimo invaso per il mancato apporto delle acque di derivazione.

La circolazione idrica avviene interamente in conoide.

Il volume dell'acqua accumulata è minimo ( minimo invaso ), si ha solo l'apporto delle precipitazioni, al quale va tolta l'evaporazione.

- b) Al termine del periodo invernale, il lago è in condizione di massimo invaso ( acqua derivata ).

La circolazione idrica avviene interamente in conoide ( l'acqua di falda non si " stocca " naturalmente nella depressione del lago perché impermeabilizzato.

- c) Periodo irriguo, il lago è in condizione di massimo invaso, per l'apporto della derivazione effettuata.

La circolazione idrica avviene interamente in conoide e il volume corrispondente al massimo invaso ( 550.117 mc ) va direttamente in conoide

CONSIDERAZIONI FINALI

Considerando le due condizioni si può osservare che:



Nelle condizioni ATTUALI b), il lago è pieno ed è ininfluente nell'apporto in conoide con quota di massimo invaso coincidente con il livello di falda.

In condizioni DI PROGETTO il lago non drena la falda e l'acqua ricarica e defluisce naturalmente in conoide senza andare ad accumularsi nel lago, per cui teoricamente in conoide sono direttamente disponibili 550.177 mc di acqua.

Resta il fatto che il lago, dopo la sua impermeabilizzazione, sarà riempito con 567.680 mc circa d'acqua ( max. invaso ) che, ad eccezione delle piogge e tolta l'evapotraspirazione, sarà totalmente derivata.

- 19 - SOTTOSPINTA IDRAULICA SULL' IMPERMEABILIZZAZIONE:

In merito alla sottospinta idraulica che si può generare nei periodi di massima ricarica della falda, si evidenzia quanto segue:

- i periodi invernali di massima risalita della falda corrispondono ad ad una condizione di massimo invaso per derivazione.  
In questo caso l'eventuale sottospinta idraulica è compensata dal livello dell'acqua nel lago;
- nei periodi siccitosi estivi ( periodi irrigui ) la falda si abbasserà abbondantemente al di sotto del fondo lago, come si evince dallo studio idrogeologico eseguito nel periodo Luglio/Agosto dello scorso anno;
- il progetto prevede una quota di minimo invaso a 30,0 m s.l.m.m., con una permanenza fissa di 3,0 m circa d'acqua per tutto l'arco dell'anno;
- l'argilla impermeabilizzante, che avrà uno spessore finito di 60 cm circa sul fondo e degli spessori compresi tra 60 cm e 1,20 m circa sulle sponde, sarà ricoperta da uno spessore di 50 cm circa di materiale costituito da 20 cm circa di ghiaia e 30 cm circa da misto di fiume ( 20 cm + 30 cm = 50 cm circa ).

Questo materiale oltre ad avere la funzione di proteggere l'argilla dal sole ( ritiro ), eserciterà, con il proprio peso, un'azione di contropinta assieme al peso dell'argilla.

Il monitoraggio della falda è garantito dai piezometri in essere ( n.5 piezometri ) sulle sponde del lago Azzurro, nelle posizioni indicate nella Tav.11 ( Ubicazione dei punti di misura ) del progetto definitivo.

Si evidenzia inoltre che, a progetto ultimato, il lago Santarini sarà messo in comunicazione con il lago Azzurro e pertanto sarà possibile eseguire dei travasi pilotati dal lago Santarini al lago Azzurro.

- 20 - RAPPORTO TRA IL PROGETTO E IL LAGO IN.CAL SYSTEM:

Attualmente il Lago In.Cal System è inserito nel progetto di ricarica della conoide del F. Marecchia, realizzata mediante la derivazione dell'acqua dal Canale dei Molini.

Essendo il lago In. Cal inserito in questo progetto, non sono stati eseguiti controlli dei livelli di falda nei piezometri presenti e del livello del lago, contemporanei a quelli dei laghi Santarini ed Azzurro nell'estate del 2022 ( Luglio e Agosto ).

Tuttavia sono numerose le pubblicazioni dalle quali reperire numerosi dati.

In particolare si può rapportare il periodo siccitoso critico dell'estate 2017 alle condizioni critiche del 2022.

Si fa quindi riferimento alle conclusioni riportate in:  
"Realizzazione di un impianto di ricarica in condizioni controllate nella conoide alluvionale del fiume Marecchia ( Comune di Rimini). Regione Emilia Romagna, Comune di Rimini, Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità della Romagna (DGR 1649/2017)

Attività relative al periodo Novembre 2017 - Aprile 2018  
Paolo Severi e Lucian Bonzi - Servizio Geologico, sismico e dei Suoli.  
Regione Emilia Romagna

Nel periodo considerato si è osservato:

7.11.2017 lago asciutto - senza ricarica e condizioni naturali;  
22.11.2017 poca acqua sul fondo - senza ricarica e condizioni naturali;

2 e 7 .02.2018 acqua sul fondo e zone asciutte con ricarica dal Canale dei Molini;

21.02.2018 lago quasi pieno con ricarica dal Canale dei Molini;

16.03.2018 lago pieno con ricarica dal Canale dei Molini.

Contemporaneamente sono stati considerati i livelli dei piezometri all'intorno

Dai dati acquisiti è stato concluso che:



1. Il lago in condizioni di minima non ha interferenze con la falda: il lago è asciutto e il livello della falda al di sotto del fondo del lago risulta insaturo
2. Lago in ricarica, il lago alimenta la falda e il terreno è saturo.

Il rapporto Lago Azzurro - Lago In.Cal. in condizioni attuali è nullo, ad esclusione, dei periodi irrigui, quando l'acqua utilizzata per l'irrigazione ritorna in conoide e contribuisce alla ricarica della falda.

Nelle condizioni di progetto il Lago Azzurro è impermeabilizzato, è ricaricato dalle acque di derivazione, l'acqua di circolazione in conoide non ricarica il lago e rimane a disposizione, ricaricando naturalmente la falda.

In conclusione, sia nelle condizioni attuali che in quelle di progetto, non ci sono interferenze tra i due laghi.

Coriano, 14-03-2023

EUGENIO FIORINI  
GEOLOGO

**APPENDICE – A –**

**SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO E A DISTRUZIONE (S.)**



Commitente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: LAGO SANTARINI - PROV. DI RIMINI

Data inizio/fine: GIUGNO 2022

Attrezzatura: Sonda tipo: IPC Drill 830 L

Lunghezza perforazione (m): 15,0

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m): 44,381

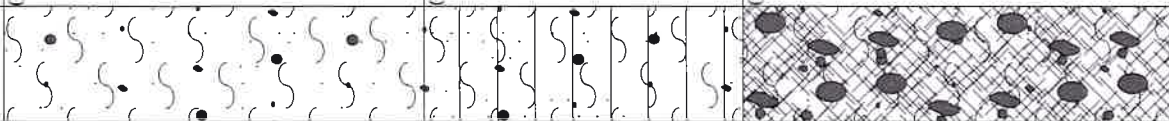



Sigla: S.1

Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c

47853 - Coriano (RN)

tel. 0541-658170

Legenda campioni		S.P.T.	da vano test	in percussione	indumento a percussione	indumento rotativo						
Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Cam pion	DESCRIZIONE			Rivestim.to diam. mm/ prof. m	Carotiere diam. mm/ prof. m	S. P. T.	Falda	Piezo metro	% caro taglio
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	5,50 5,50 4,10 9,60 5,40 15,00		<div>2,50</div> <div>8,00</div>	RIPORTO DI MATERIALE ETEROGENEO LIMOSO ARGILLOSO, SABBIOSO CON GHIAIETTO					10,4 19-27-33  14,5 20-32-35	4,65		100
				LIMI SABBIOSI LOCALMENTE ARGILLOSI CON GHIAIETTO DI RIPORTO								
				GHIAIE OCRA IN MATRICE LIMOSA SABBIOSA CON LIVELLI LIMOSI SABBIOSI								



Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: LAGO SANTARINI - PROV. DI RIMINI

Data inizio/fine: GIUGNO 2022

Attrezzatura: Sonda tipo: IPC Drill 830 L

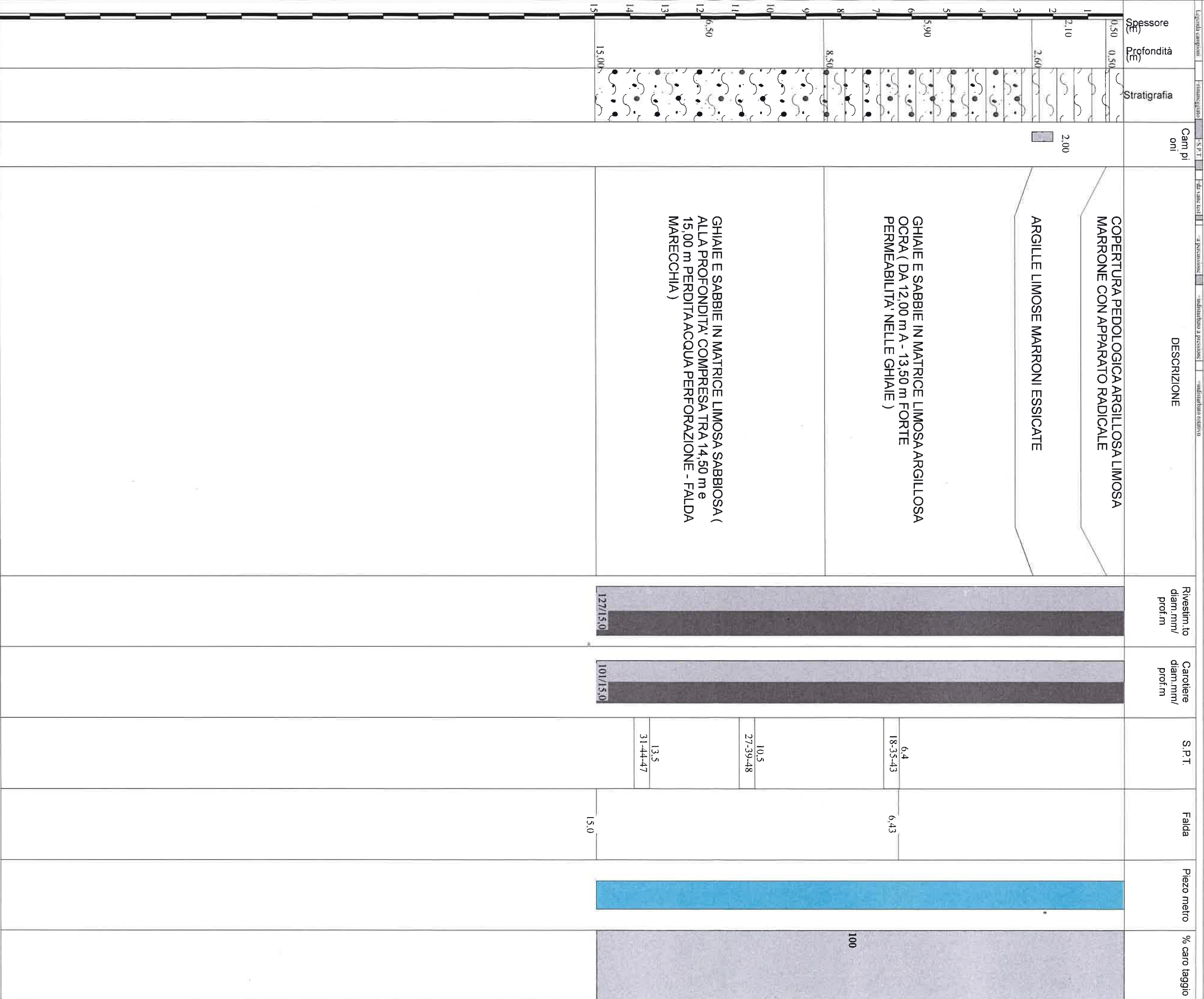
Lunghezza perforazione (m): 15,0

Quota del p.c. s.l.m.(m): 46,828

Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)  
tel. 0541-658170

Scala 1:100

Sigla: S.2





Comittente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: LAGO SANTARINI - PROV. DI RIMINI

Data inizio/fine: GIUGNO 2022

Attrezzatura: Sonda tipo: IPC Drill 830 L

Quota del p.c. s.l.m.(m): 46,837

## Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)

47853 - Coriano (RN)

tel. 0541-658170

Lunghezza perforazione (m): 10,1

Scala 1:100

**Sigla: S.3**

Spessore (m)		Profondità (m)		Stratigrafia		Cam pi omi		DESCRIZIONE		Rivestim.to diam. mm/ prof. m		Carotiere diam. mm/ prof. m		S. P. T.		Falda		Piezo metro		% caro taglio	
1,50		1,50						COPERTURA PEDOLOGICA - ARGILLE LIMOSE MARRONI SECCHE						4,0 17-32-40							
2,00		10,10						GHIAIE E SABBIE IN MATRICE LIMOSA ARGILLOSA						8,0 21-36-42		10,1					

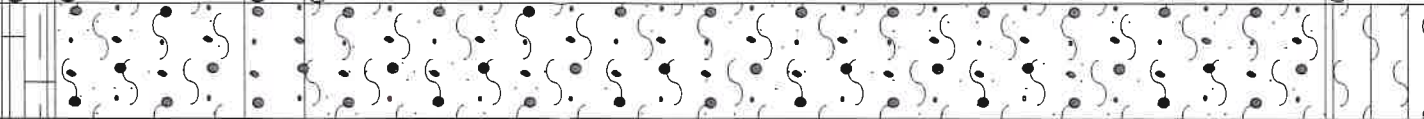




Studio di Geologia Applicata  
Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)  
tel. 0541-658170

Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA  
Località: LAGO SANTARINI - PROV. DI RIMINI  
Data inizio/fine: GIUGNO 2022  
Attrezzatura: Sonda tipo: IPC Drill 830 L  
Lunghezza perforazione (m): 19,0

Scala 1:100  
Quota del p.c. s.l.m.(m): 50,743  
Sigla: S.4

Legenda campioni		Forma/qualità		S.P.T.	da varie test	a percussione	-indietro a pressione	-indietro rotativo									
Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Cam pion	DESCRIZIONE							Rivestim.to diam. mm/ prof. m	Carotiere diam. mm/ prof. m	Piezometro di Casagrande	S. P. T.	Falda	% caro taglio	
1 1,50	1,50		<div>10,00</div>	COLTRE PEDOLOGICA - ARGILLE LIMOSE MARRONI												100	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8 13,50						GHIAIE E SABBIE IN MATRICE LIMOSA ARGILLOSA, OCRA											
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15 15,00	0,80			GHIAIE MOLTO GROSSOLANE CON DIAMETRO MAX. MAGGIORE 200 mm ( ALLA PROFONDITA' DI - 15.80 m PERDITA ACQUA DI PERFORAZIONE )													
16 15,80				SABBIE PREVALENTI CON GHIAIONE IN MATRICE LIMOSA ( FORTE ACQUIFERO )													
17 2,50				FORMAZIONE PLIOCENICA COSTITUITA DA ARGILLE MARNOSE GRIGIE													
18 18,30																	
19 19,00	0,70																



Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: LAGO SANTARINI - PROV. DI RIMINI

Data inizio/fine: GIUGNO 2022

Attrezzatura: Sonda del tipo: IPC Drill 830 L

Lunghezza perforazione (m): 15,0

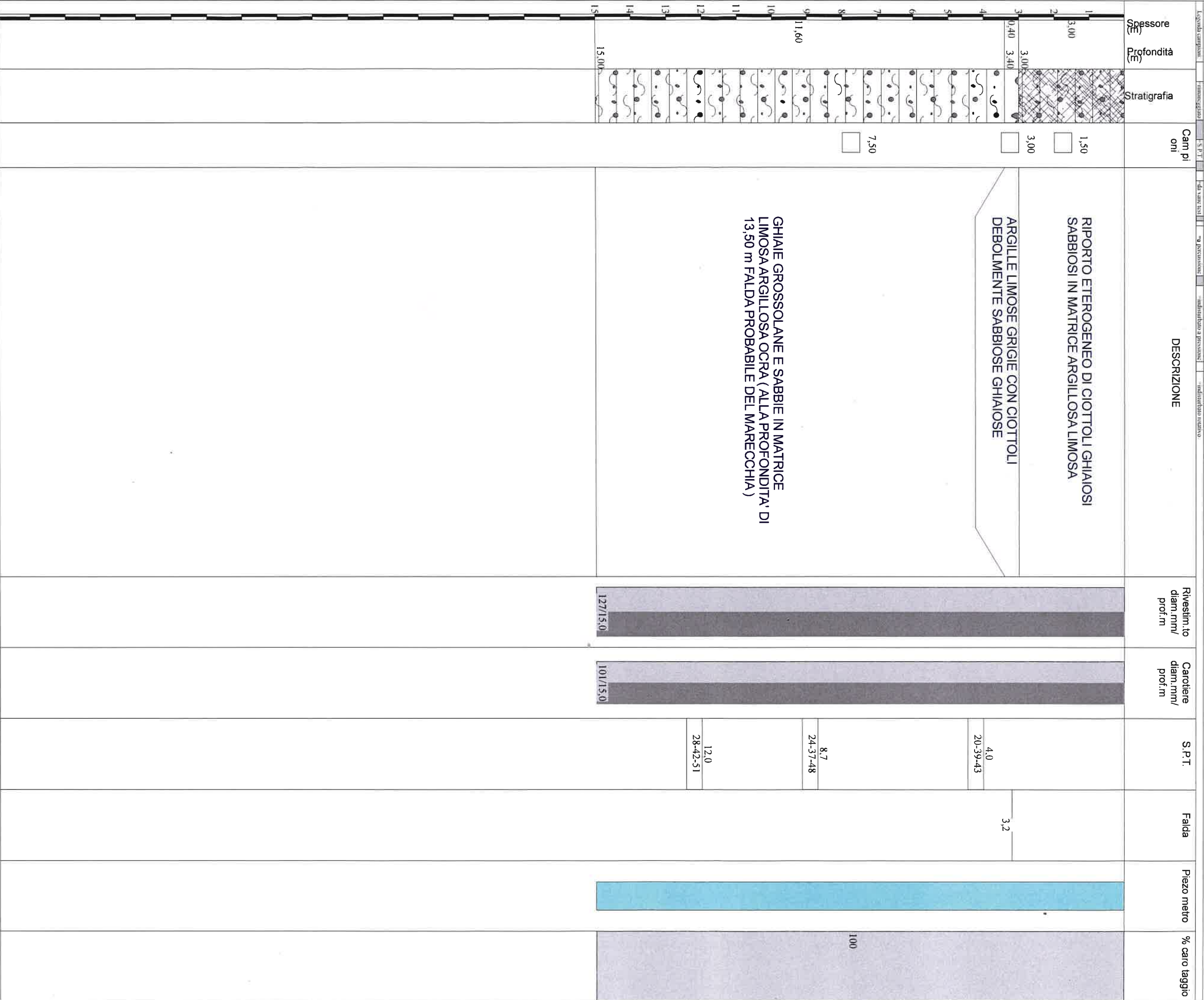
Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m): 46,681

Sigla: S.5

Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)  
tel. 0541-658170





Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: LAGO SANTARINI - PROV. DI RIMINI

Data inizio/fine: GIUGNO 2022

Attrezzatura: Sonda del tipo: IPC Drill 830 L

Lunghezza perforazione (m): 15,0

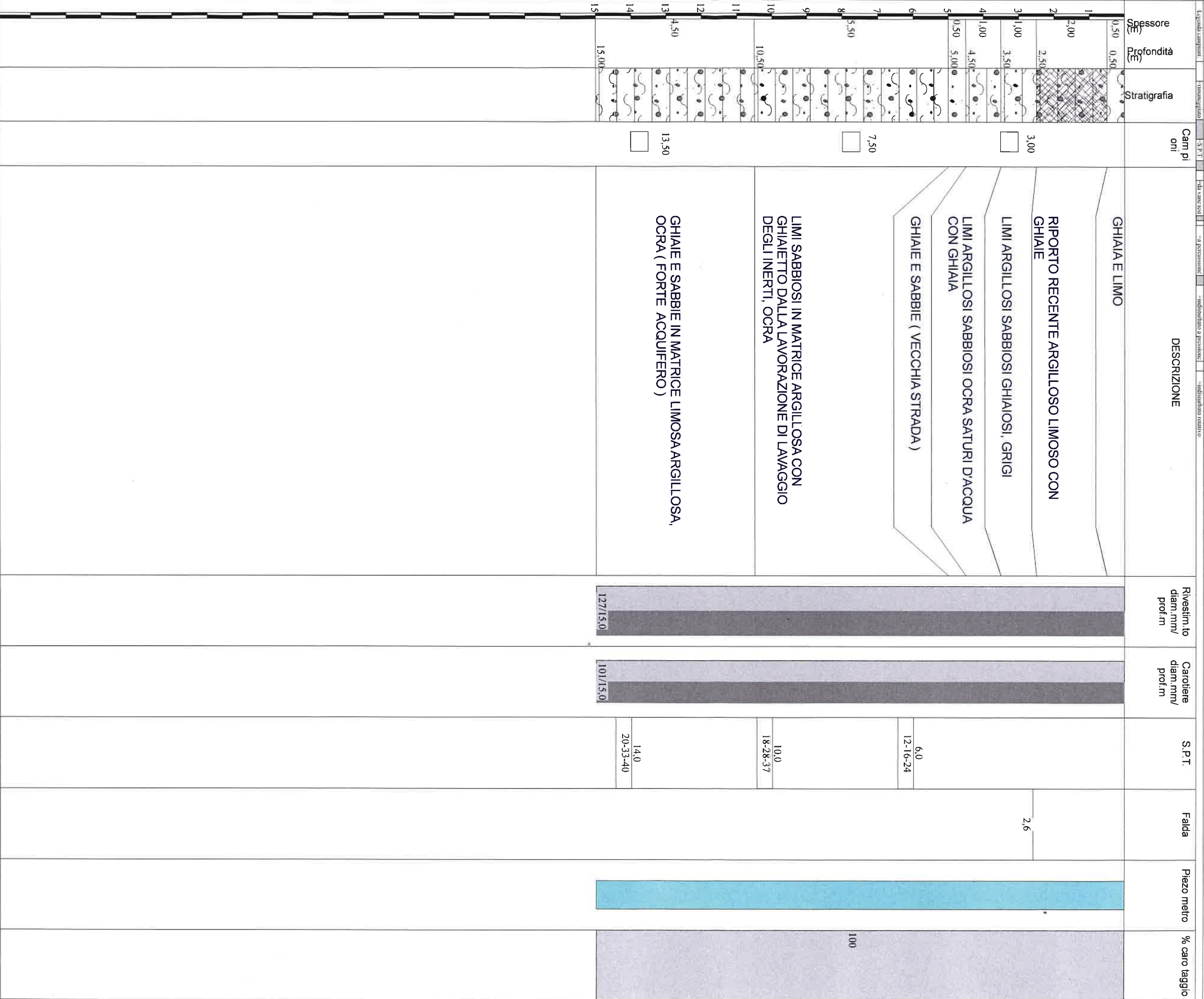
Quota del p.c. s.l.m.(m): 44,705

Sigla: S.6

Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)  
tel. 0541-658170

Scala 1:100







Commititante: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: TRA IL LAGO SANTARINI E AZZURRO - PROV. DI RIMINI

Data inizio/fine: GIUGNO 2022

Attrezzatura: Sonda del tipo: IPC Drill 830 L

Lunghezza perforazione (m): 20,0

Quota del p.c. s.l.m.(m): 45,446

Sigla: S.7 - DISTRUZ.

Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)  
tel. 0541-658170

Scala 1:100

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Cam pion	DESCRIZIONE	Rivestimento diam. mm/ prof. m	Carotiere diam. mm/ prof. m	Piezo metro Casa grande	S.P.T.	Falda
1,00	1,00			RIPORTO DI MATERIALE DALLA LAVORAZIONE DEL LAVAGGIO DEGLI INERTI COSTITUITO DA GHIAIETTO E LIMI				4,5 7-11-16	
1,50	2,50			RIPORTO DI MATERIALE DALLA LAVORAZIONE DEL LAVAGGIO DEGLI INERTI COSTITUITO DA LIMI, SABBIE E GHIAIETTO				9,0 15-26-35	
4,50	7,00			RIPORTO DI MATERIALE DALLA LAVORAZIONE DEL LAVAGGIO DEGLI INERTI COSTITUITO DA LIMI				14,0 14-25-38	10,5
7,50	14,50			GHIAIE CON SABBIE PREVALENTI IN MATRICE LIMOSA, OCRA				18,0 30-38-42	
5,50	20,00			GHIAIE E SABBIE IN MATRICE LIMOSA ARGILLOSA, OCRA-MARRONI (ACQUIFERO)	127/20,0	101/20,0			



Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: LAGO AZZURRO - PROV. DI RIMINI

Data inizio/fine: GIUGNO 2022

Attrezzatura: Sonda del tipo: IPC Drill 830 L

Lunghezza perforazione (m): 30,0

Quota del p.c. s.l.m.(m): 38,921

Scala 1:100

Sigla: S.1

Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)

tel. 0541-658170

Legenda campioni											
=rimaneggiato		=S.P.T.		=da vane test		=a percussione		=indisturbato a pressione		=indisturbato rotativo	
Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Cam pion	DESCRIZIONE	Rivestim.to diam. mm/ prof.m	Carotiere diam. mm/ prof.m	S.P.T.	Vane test (kg/cmq)	Pocket (kg/cmq)	Falda	% caro taglio
1	2			GHIAIE ETEROGENEE E SABBIE IN MATRICE LIMOSA CON CIOTOLI DI DIAMETRO MAGGIORE DI 150 mm			3,0 15-18-18	0,2	0,5	6,5	100
3	5,00										
4	4,00										
5	5,00										
6											
7											
8											
9	9,00										
10	9,50										
11											
12											
13											
14	14,50										
15											
16	3,00										
17	17,50										
18	1,20										
19	0,30 18,70 19,00										
20	1,00 20,00 20,50										
21	1,50			GHIAIE IN MATRICE ARGILLOSA A LUOGHI PLASTICA ( ALLA PROFONDITA' DI 18,0 m PERDITA ACQUA DAL RIVESTIMENTO ) - FALDA MARECCHIA			21,0 11-17-19	0,4	0,5	6,5	100
22	22,00										
23	2,50										
24	24,50										
25											
26											
27	5,50										
28											
29											
30	30,00										





Commitente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: LAGO AZZURRO - PROV. DI RIMINI

Data inizio/fine: GIUGNO 2022

Attrezzatura: Sonda del tipo: IPC Drilli 830 L

Lunghezza perforazione (m): 20,0

Quota del p.c. s.l.m.(m): 40,886

Sigla: S.2 - DISTRUZ.

Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c

47853 - Coriano (RN)

tel. 0541-658170

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Rivestimento diam./mm/ prof./m	Carotiere diam./mm/ prof./m	S.P.T.	Falda	Piezo metro
1 3,50				COLTRE PEDOLOGICA, LIMI SABBIOSI ESSICCATI CON LIVELLI DI ARGILLE MARRONI			3,5 11-16-22	9,5	
2 3,50									
3 3,50									
4 0,60 4,10									
5 6,40				GHIAIETTO E SABBIE IN MATRICE LIMOSA AZZURRA CON PASSAGGI DI LIMI SABBIOSI AZZURRI CON GHIAIETTO E LIVELLI ARGILLOSI CON GHIAIA			9,65 7-9-11	9,5	
6 6,40									
7 6,40									
8 6,40				GHIAIE - LIMI ARGILLOSI AZZURRI			9,65 7-9-11	9,5	
9 6,40									
10 10,50									
11 5,50				GHIAIE SABBIOSE. (ALLA PROFONDITA' DI 13,0 m PERDITA DI ACQUA RIVESTIMENTO)			14,5 27-29-39	9,5	
12 5,50									
13 5,50									
14 16,00				GHIAIE E SABBIE IN MATRICE ARGILLOSA LIMOSA MARRONE			20,0 37-34-40	9,5	
15 16,00									
16 16,00									
17 4,00				GHIAIE E SABBIE IN MATRICE ARGILLOSA LIMOSA MARRONE			20,0 37-34-40	9,5	
18 4,00									
19 20,00									
20 20,00				GHIAIE E SABBIE IN MATRICE ARGILLOSA LIMOSA MARRONE			20,0 37-34-40	9,5	



Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Cam pi oni	DESCRIZIONE	Rivestim.to diam.mm/ prof.m	Carotiere diam.mm/ prof.m	S.P.T.	Falda	Piezo metro
1-1,90	1,90			RIPORTO ARGINE COSTITUITO DA LIMI ARGILLOSI CON GHIAIE					
2-2,60	2,60			GHIAIE E SABBIE MEDIO FINI IN MATRICE LIMOSA			4,0 13-21-24		
3-4,50	4,50			SABBIE PERMEABILI CON GHIAIE			8,0 9-25-28		
4-5,00	5,00			LIMI ARGILLOSI CON GHIAIE			12,0 25-31-33	9,6	
5-10,80	10,80			GHIAIE E SABBIE ( ALLA PROFONDITA COMPRESA TRA 13.0 m E 14.0 m PERDITA ACQUA DI PERFORAZIONE )			18,0 21-36-39		
6-18,00	18,00			GHIAIE IN MATRICE ARGILLOSA	127/20,0	101/20,0			
7-20,00	20,00								



Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: LAGO AZZURRO - PROV. DI RIMINI

Data inizio/fine: GIUGNO 2022

Attrezzatura: Sonda del Tipo: IPC Drill 830 L

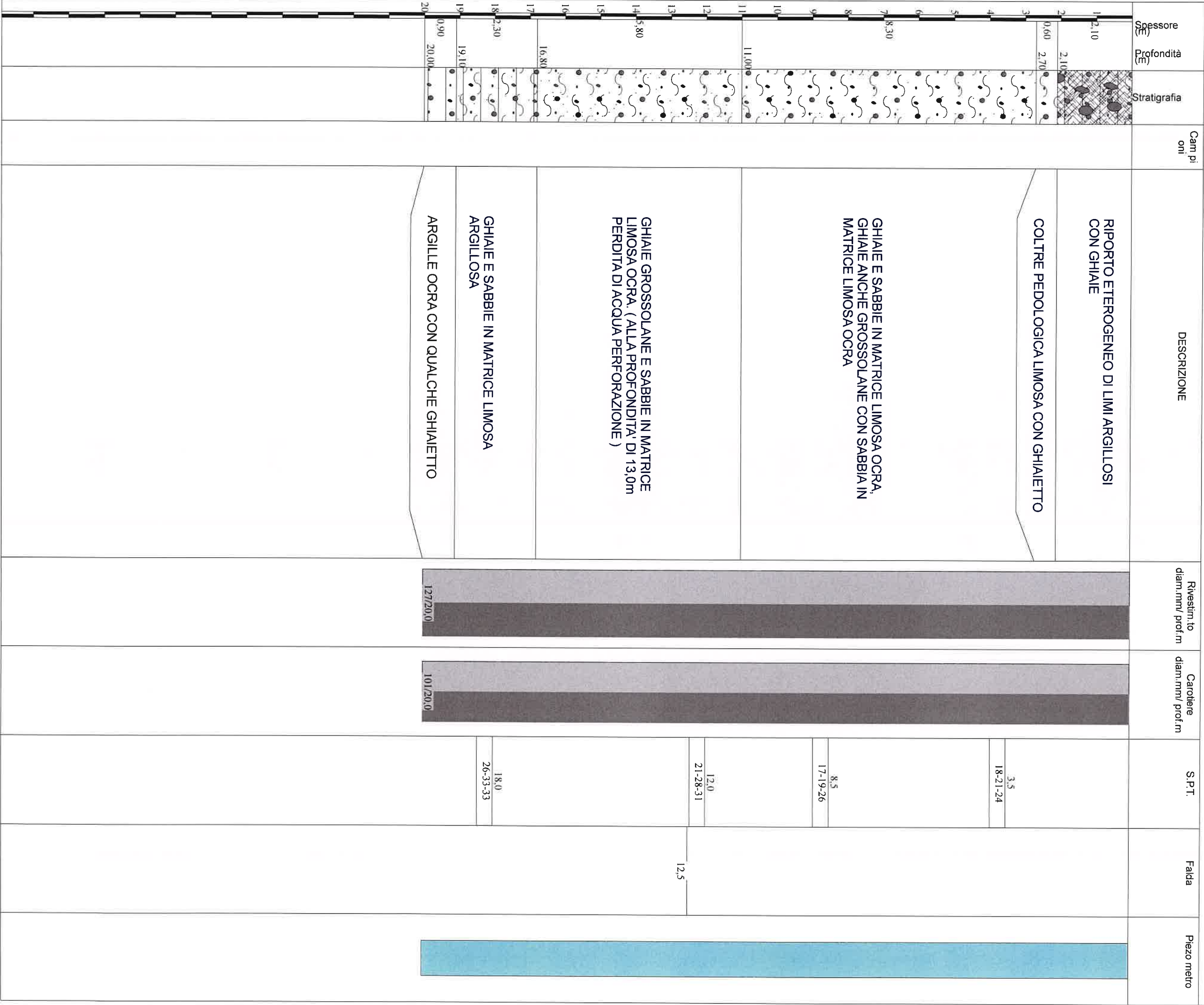
Lunghezza perforazione (m): 20,0

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m): 38,150

Sigla: S.4 - DISTRUZ.

Studio di Geologia Applicata  
Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)  
tel. 0541-658170





Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Cam pi oni	DESCRIZIONE	Rivestim.to diam.mm/ prof.m	Carotiere diam.mm/ prof.m	S.P.T.	Falda	Piezo metro
1 2,80	2,80			LIMI SABBIOSI OCRA, DI DECANTAZIONE			<div>4,0 8-11-13</div> <div>8,0 6-10-16</div> <div>12,0 18-25-28</div>	6,0	
2 2,80	LIMI SABBIOSI E SABBIE FINISSIME CON ARGILLE LIMOSE OCRA DA DECANTAZIONE DEL RESIDUO DI LAVAGGIO DEGLI INERTI								
3 2,80	GHIAIE IN MATRICE ARGILLOSE OCRA ( ALLA PROFONDITA' DI 15,0 m PERDITA ACQUA PERFORAZIONE )								
4 2,80									
5 2,80									
6 2,80									
7 2,80									
8 2,80									
9 2,80									
10 2,80									
11 2,80	11,30								
12 2,80									
13 3,70									
14 2,80									
15 2,80	15,00				127/15,0	101/15,0			





Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: LAGO AZZURRO - PROV. DI RIMINI

Data inizio/fine: GIUGNO 2022

Attrezzatura: Sonda del tipo: IPC Drill 830 L

Lunghezza perforazione (m): 15,0

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m): 37,298

Sigla: S.6 - DISTRUZ.

Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)  
tel. 0541-658170

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Cam pi oni	DESCRIZIONE	Rivestim.to diam.mmm/ prof.m	Carotiere diam.mmm/ prof.m	S.P.T.	Falda	Piezo metro
1,90	1,90			RIPORTO DI TERRENO LIMOSO ARGILLOSO ETEROGENEO					
4,60	6,50			GHIAIE E SABBIE IN MATRICE LIMOSA OCRA			5,0 14-21-23		
4,00	10,50			GHIAIE ANCHE GROSSOLANE E SABBIE IN MATRICE LIMOSA CON FORTE PERDITA DI CIRCOLAZIONE IDRICA DAL RIVESTIMENTO A - 10,50 m			9,0 18-19-23	6,7	
3,50	14,00			GHIAIE IN MATRICE ARGILLOSA CON LIVELLI PIU' ARGILLOSI E LIM ARGILLOSI LIMOSI			14,0 30-31-30		
1,00	15,00			ARGILLE MARRONI CON GHIAIE	127/15,0	101/15,0			



**APPENDICE – B –**

**STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI  
CERTIFICATI ANALISI GRANULOMETRICHE  
PROVE DI PERMEABILITA'LEFRANC**

**( INDAGINI ESEGUITE PER LAFATTIBILITA' – DATA 11 E 12  
NOVEMBRE 2021 )**

# Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)  
tel 0541-658170

Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: RIMINI (RN) - LAGO INCAL

Data inizio/fine: 11-11-2021

Attrezzatura: Sonda a rotazione

Lunghezza perforazione (m): 5,0

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m): 32.76

Sigla: S.1 - INCAL

Legenda simboli: Primario/terziario S.P.T. da vane test a percussione indisturbato a pressione indisturbato rotativo

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campi	DESCRIZIONE	Rivestim.to diam.mm/ prof.m	Carotiere diam.mm/ prof.m	Falda
0.20	0.20		0.00	Limi argillosi ghiaiosi sabbiosi			
			0.50				
0.80				Ghiaie sabbiose debolmente limo argillose			
5.00					127/5.0	101/5.2	4.1

Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)  
tel. 0541-656170

Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: RIMINI (RN) - LAGO AZZURRO

Data inizio/fine: 12-11-2021

Attrezzatura: Sonda a rotazione

Lunghezza perforazione (m): 5,2

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m): 28,00

Sigla: S.1- Azzurro

Legenda: <input type="checkbox"/> - S.P.T. <input type="checkbox"/> - da vane test <input type="checkbox"/> - a percussione <input type="checkbox"/> - indisturbato a pressione <input type="checkbox"/> - indisturbato relativo						
Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campi	DESCRIZIONE	Rivestim.to diam.mm/ prof.m	Carotiere diam.mm/ prof.m
			0.00			
			0.50			
	5.20			Ghiaie sabbiose debolmente limo argillose	127/5.2	101/5.2
	5.20					

# Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c  
47853 - Coriano (RN)  
tel. 0541-658170

Committente: CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

Località: SANTARCANGELO DI ROMAGNA - LAGO SANTARINI

Data inizio/fine: 12-11-2021

Attrezzatura: Sonda a rotazione

Lunghezza perforazione (m): 8,0

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m): 44.26

Sigla: S.1 - Santarini

Legenda simboli: =rumineggiato =S.P.T. =da vane test =a percussione =indisturbato a pressione =indisturbato rotativo

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campi	DESCRIZIONE	Rivestim.to diam.mm/ prof.m	Carotiere diam.mm/ prof.m	Falda
	1.50						
	5.50			terreni di riporto costituiti da limi argillosi prevalenti con sabbie ghiaiose			
	5.50						
	2.50			Ghiaie sabbiose debolmente limo argillose			
	8.00				127/8.0	101/8.0	

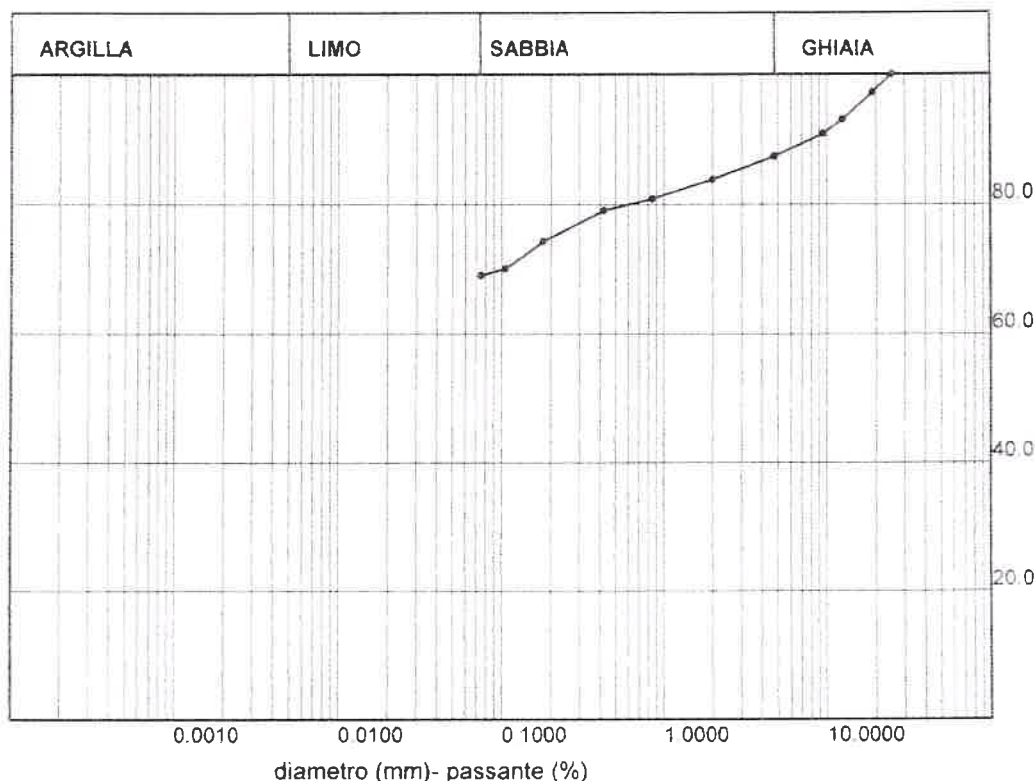


Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
Via S. Maria 856/D 47833 San Giovanni in Marignano (RN)  
E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
PEC: [stefanosanchi@epap.sicurezzapostale.it](mailto:stefanosanchi@epap.sicurezzapostale.it)  
Cell. 339 4605204

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Fiorini Eugenio	DATA:	Dicembre 2021
LAVORO:	Progetto di recupero ai fini irrigui del <b>LAGO INCAL</b>	UBICAZIONE:	Lago INCAL <b>Comune di Rimini (RN)</b>
		N° COMMESSA:	039.21

Sondaggio n°:		profondità da mt.	0.00
Campione n°:	C1	profondità a mt.	0.20

### ANALISI GRANULOMETRICA [ASTM D422-63(R02)]<sup>A</sup>



### ANALISI PER SETACCI

Massa campione, g= 1085.50

Aperture setaccio mm	Massa trattenuto g	Passante %
25.000	0.00	100.00
19.000	29.50	97.28
12.500	45.00	93.14
9.500	24.50	90.88
4.750	37.50	87.43
2.000	38.50	83.88
0.850	32.50	80.88
0.425	20.00	79.04
0.180	52.00	74.25
0.106	45.50	70.06
0.075	11.50	69.00

	ASTM	AGI
GHIAIA, % =	12.57	16.12
SABBIA, % =	18.42	15.39
LIMO + ARGILLA, % =	69.00	68.49

Tipo di campione:

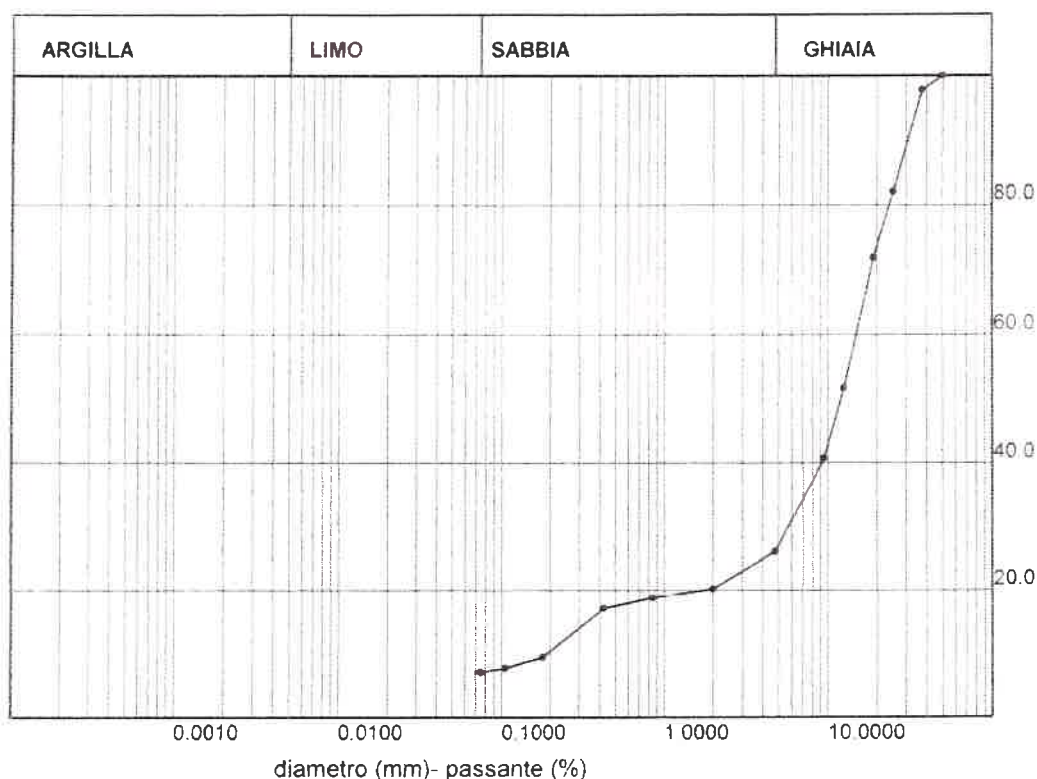
<sup>A</sup>Il campione è stato preparato mediante essiccazione in forno

Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
Via S. Maria 856/D 47833 San. Giovanni in Marignano (RN)  
E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
PEC: [stefanosanchi@epap.sicurezzapostale.it](mailto:stefanosanchi@epap.sicurezzapostale.it)  
Cell. 339 4605204

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Fiorini Eugenio	DATA:	Dicembre 2021
LAVORO:	Progetto di recupero ai fini irrigui del <b>LAGO INCAL</b>	UBICAZIONE:	Lago INCAL Comune di Rimini (RN)
		N° COMMESSA:	039.21

Sondaggio n°:		profondità da mt.	0.50
Campione n°:	C2	profondità a mt.	1.10

### ANALISI GRANULOMETRICA [ASTM D422-63(R02)]^



### ANALISI PER SETACCI

Massa campione, g = 13233.00

Aperture setaccio mm	Massa trattenuto g	Passante %
50.000	0.00	100.00
37.500	289.00	97.82
25.000	2083.00	82.08
19.000	1351.50	71.86
12.500	2665.50	51.72
9.500	1451.00	40.75
4.750	1930.50	26.17
2.000	788.50	20.21
0.850	166.50	18.95
0.425	224.50	17.25
0.180	1032.50	9.45
0.106	232.00	7.70
0.075	75.00	7.13
	ASTM	AGI
GHIAIA, % =	73.83	79.79
SABBIA, % =	19.04	13.35
LIMO + ARGILLA, % =	7.13	6.86

Tipo di campione:

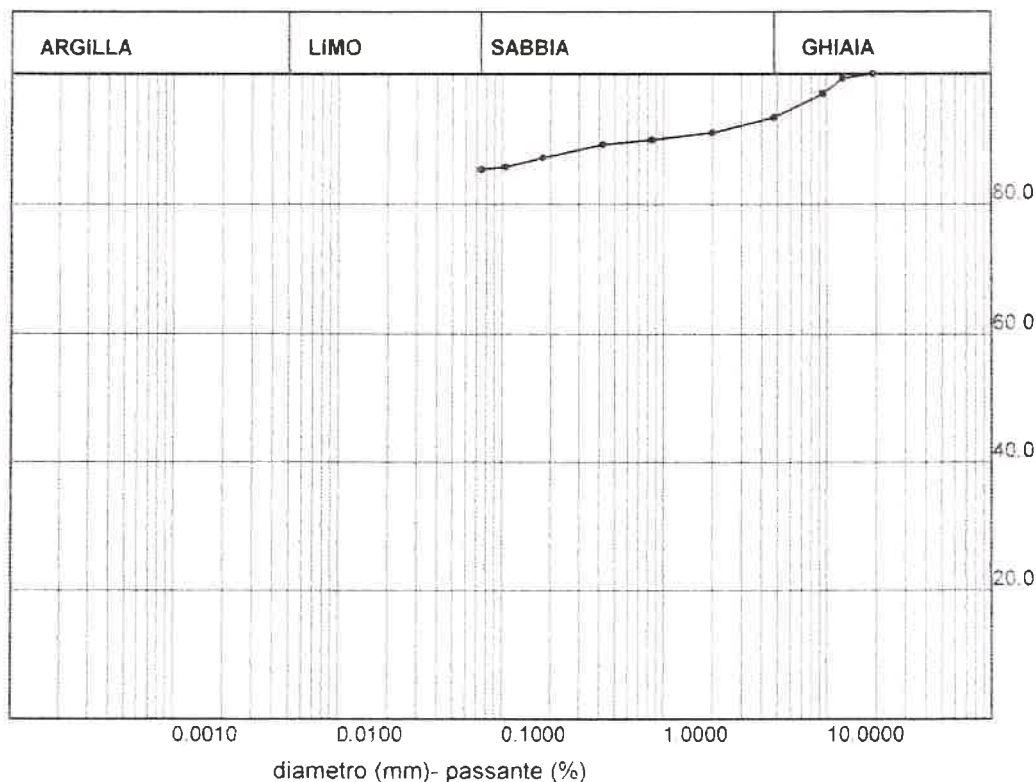
^Il campione è stato preparato mediante essiccazione in forno

Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
Via S. Maria 856/D - 47833 San Giovanni in Marignano (RN)  
E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
PEC: [stefanosanchi@epap.sicurezza postale.it](mailto:stefanosanchi@epap.sicurezza postale.it)  
Cell. 339 4605204

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Fiorini Eugenio	DATA:	Dicembre 2021
LAVORO:	Progetto di recupero ai fini irrigui del <b>LAGO AZZURRO</b>	UBICAZIONE:	Lago AZZURRO Comune di Rimini (RN)
		N° COMMESSA:	039.21

Sondaggio n°:		profondità da mt.	0.00
Campione n°:	C1	profondità a mt.	0.20

### ANALISI GRANULOMETRICA [ASTM D422-63(R02)]<sup>^</sup>



### ANALISI PER SETACCI

Massa campione, g= 805.75

Aperture setaccio mm	Massa trattenuto g	Passante %
19.000	0.00	100.00
12.500	5.99	99.26
9.500	18.64	96.94
4.750	29.00	93.34
2.000	19.08	90.98
0.850	8.89	89.87
0.425	5.68	89.17
0.180	16.79	87.08
0.106	11.29	85.68
0.075	3.01	85.31

	ASTM	AGI
GHIAIA, % =	6.66	9.02
SABBIA, % =	8.03	5.85
LIMO + ARGILLA, % =	85.31	85.13

Tipo di campione:

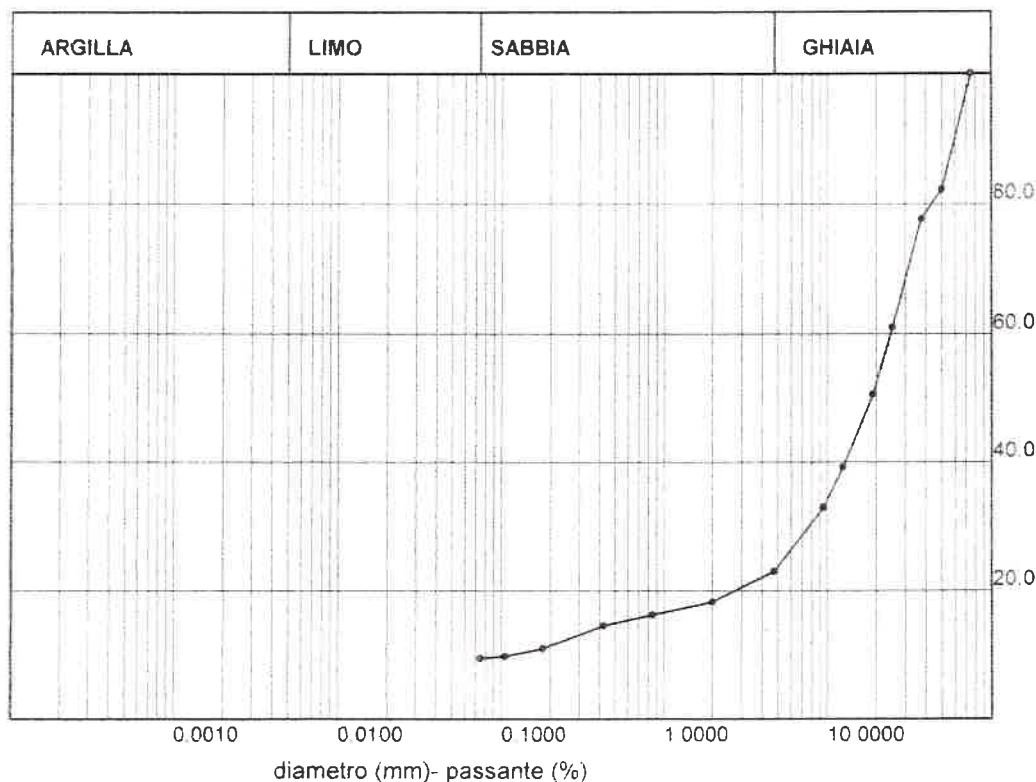
<sup>^</sup>Il campione è stato preparato mediante essiccazione in forno

Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
 Via S. Maria 856/D 47833 San. Giovanni in Marignano (RN)  
 E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
 PEC: [stefanosanchi@epap.sicurezzapostale.it](mailto:stefanosanchi@epap.sicurezzapostale.it)  
 Cell 339 4605204

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Fiorini Eugenio	DATA:	Dicembre 2021
LAVORO:	Progetto di recupero ai fini irrigui del <b>LAGO AZZURRO</b>	UBICAZIONE:	Lago AZZURRO Comune di Rimini (RN)
		N° COMMESSA:	039.21

Sondaggio n°:		profondità da mt.	0.50
Campione n°:	C2	profondità a mt.	1.10

### ANALISI GRANULOMETRICA [ASTM D422-63(R02)]^



#### ANALISI PER SETACCI

Massa campione, g= 15188.00

Aperture setaccio mm	Massa trattenuto g	Passante %
75.000	0.00	100.00
50.000	2700.50	82.22
37.500	688.00	77.69
25.000	2528.50	61.04
19.000	1584.50	50.61
12.500	1734.50	39.19
9.500	944.50	32.97
4.750	1504.50	23.06
2.000	727.00	18.28
0.850	308.50	16.25
0.425	262.50	14.52
0.180	534.00	11.00
0.106	186.00	9.78
0.075	46.00	9.33
GHIAIA, %= 76.94		81.72
SABBIA, %= 13.59		8.95
LIMO + ARGILLA, %= 9.47		9.33

Tipo di campione:

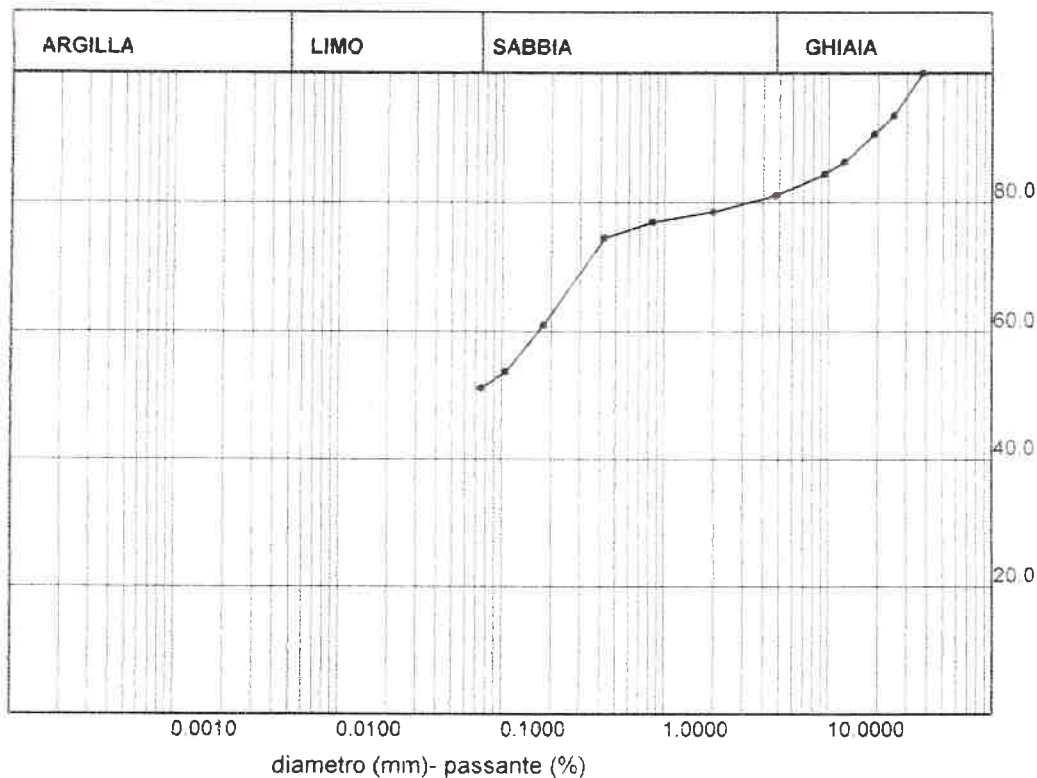
^Il campione è stato preparato mediante essiccazione in forno

Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
Via S. Maria 856/D 47833 San Giovanni in Marignano (RN)  
E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
PEC: [stefanosanchi@epap.sicurezza postale.it](mailto:stefanosanchi@epap.sicurezza postale.it)  
Cell. 339 4605204

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Fiorini Eugenio	DATA:	Dicembre 2021
LAVORO:	Progetto di recupero ai fini irrigui del <b>LAGO SANTARINI</b>	UBICAZIONE:	Lago SANTARINI Comune di Santarcangelo di Romagna (RN)
		N° COMMESSA:	039.21

Sondaggio n°:		profondità da mt.	1.50
Campione n°:	CI	profondità a mt.	2.00

### ANALISI GRANULOMETRICA [ASTM D422-63(R02)]^



### ANALISI PER SETACCI

Massa campione, g= 5305.50

Aperture setaccio mm	Massa trattenuto g	Passante %
37.500	0.00	100.00
25.000	350.50	93.39
19.000	152.00	90.53
12.500	225.50	86.28
9.500	100.50	84.38
4.750	179.00	81.01
2.000	131.00	78.54
0.850	84.50	76.95
0.425	129.00	74.52
0.180	713.00	61.08
0.106	396.00	53.61
0.075	132.50	51.12

	ASTM	AGI
GHIAIA, % =	18.99	21.46
SABBIA, % =	29.89	28.63
LIMO + ARGILLA, % =	51.12	49.91

Tipo di campione:

^Il campione è stato preparato mediante essiccazione in forno



## Prova di permeabilità Lefranc \_ discesa - LAGO INCAL

Prova n. 1

Sondaggio S 1

Profondità rivestimento: 4.15 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c. +450 mm p.c.	livello acqua da bocca foro	intervallo tempo	infiltrazione	capacità infiltrazione
sec	mm	mm	sec.	mm.	mm./min.
0	450	0			
10	-70	520	10	520	3120.0000
30	-270	720	20	200	600.0000
60	-640	1090	30	370	740.0000
120	-1240	1690	60	600	600.0000
180	-1800	2250	60	560	560.0000
240	-2250	2700	60	450	450.0000
300	-2630	3080	60	380	380.0000
360	-2940	3390	60	310	310.0000
420	-3200	3650	60	260	260.0000
480	-3380	3830	60	180	180.0000
540	-3510	3960	60	130	130.0000
600	-3630	4080	60	120	120.0000
900	-3880	4330	300	250	50.0000
1200	-3950	4400	300	70	14.0000
1500	-3980	4430	300	30	6.0000
1800	-3990	4440	300	10	2.0000
2400	-4030	4480	600	40	4.0000
3000	-4040	4490	600	10	1.0000
3600	-4050	4500	600	10	1.0000

### 4.4.1. Prova a carico variabile

Si esegue in terreni aventi una permeabilità inferiore ai  $10^{-5}$  cm/s. Può essere eseguita abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o di discesa. I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su un diagramma semilogaritmico (fig. 59).

Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C (t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln h_1}{h_2}$$

dove:

$k$  = coefficiente di permeabilità in m/s

$A$  = area di base del foro di sondaggio in  $m^2$

$h_1$  e  $h_2$  = altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro negli istanti  $t_1$  e  $t_2$  (fig. 60)

$C$  = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per  $L \gg D$   $C = L$

per  $L \leq D$   $C = 2\pi D + L$

Come stabiliscono le norme AGI, un controllo

Grafico infiltrazione

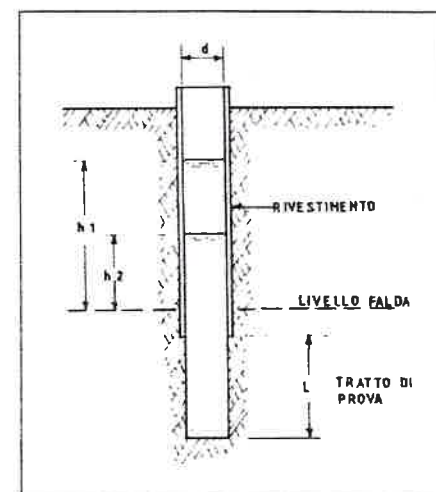
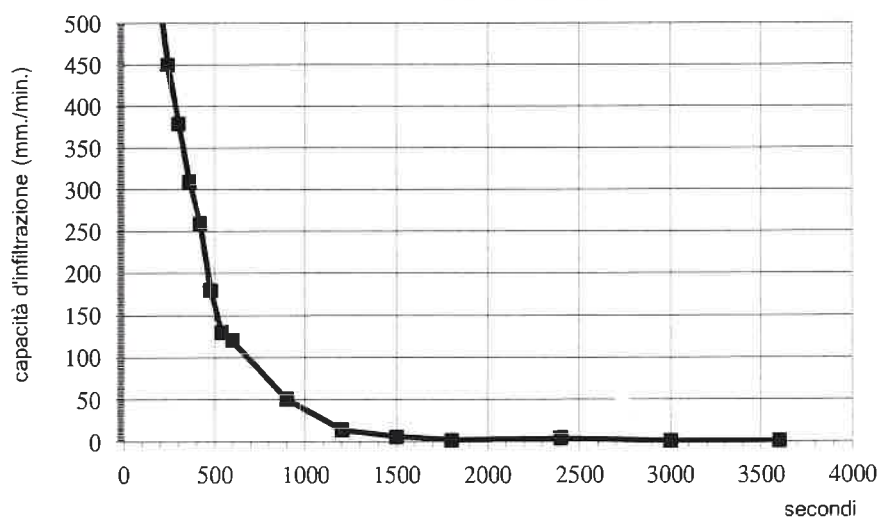


Figura 60. Prova di assorbimento a carico variabile.

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668  $m^2$

$C=L$

0.5

$L$  = tratto di prova

0.5 m

$h_1$  = altezza del livello dell'acqua a  $t_1$ : 180 s

2.3 m

$h_2$  = altezza del livello dell'acqua a  $t_2$ : 3000 s

0.06 m

Livello Falda

4.1 m

$K=$

1.42E-05

m/sec

# Prova di permeabilità Lefranc \_ discesa - LAGO INCAL

Prova n. 2

Sondaggio S 1

Profondità rivestimento: 4.15 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c. +450 mm p.c.	livello acqua da bocca foro	intervallo tempo	infiltrazione	capacità infiltrazione
sec	mm	mm	sec.	mm.	mm./min.
0	450	0			
10	-60	510	10	510	3060.0000
30	-280	730	20	220	660.0000
60	-670	1120	30	390	780.0000
120	-1310	1760	60	640	640.0000
180	-1870	2320	60	560	560.0000
240	-2340	2790	60	470	470.0000
300	-2720	3170	60	380	380.0000
360	-3010	3460	60	290	290.0000
420	-3250	3700	60	240	240.0000
480	-3450	3900	60	200	200.0000
540	-3570	4020	60	120	120.0000
600	-3660	4110	60	90	90.0000
900	-3890	4340	300	230	46.0000
1200	-3960	4410	300	70	14.0000
1500	-3980	4430	300	20	4.0000
1800	-4000	4450	300	20	4.0000
2400	-4030	4480	600	30	3.0000
3000	-4040	4490	600	10	1.0000
3600	-4050	4500	600	10	1.0000

## 4.4.1. Prova a carico variabile

Si esegue in terreni aventi una permeabilità inferiore ai  $10^{-5}$  cm/s. Può essere eseguita abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o di discesa. I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su un diagramma semilogaritmico (fig. 59).

Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C (t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln h_1}{h_2}$$

dove:

$k$  = coefficiente di permeabilità in m/s

$A$  = area di base del foro di sondaggio in  $m^2$

$h_1$  e  $h_2$  = altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro negli istanti  $t_1$  e  $t_2$  (fig. 60)

$C$  = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per  $L \gg D$   $C = L$

per  $L \leq D$   $C = 2\pi D + L$

Come stabiliscono le norme AGI, un controllo

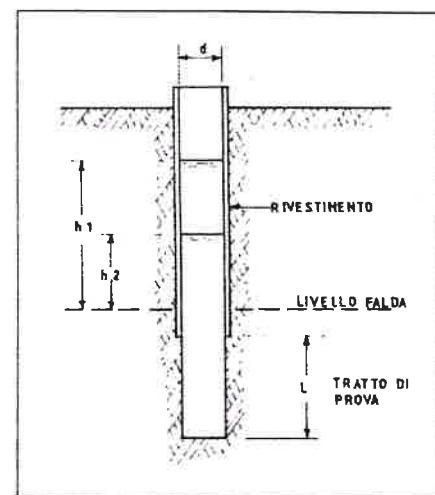
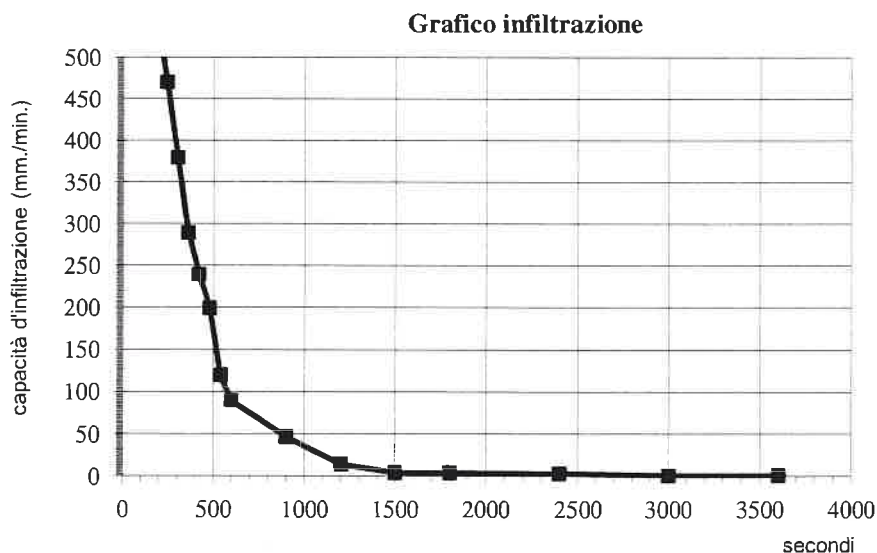


Figura 60. Prova di assorbimento a carico variabile.

$D$  = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668  $m^2$

$C=L$

0.5

$L$  = tratto di prova

0.5 m

$h_1$  = altezza del livello dell'acqua a  $t_1$ : 180 s

2.23 m

$h_2$  = altezza del livello dell'acqua a  $t_2$ : 3000 s

0.06 m

Livello Falda

4.1 m

$K=$

1.41E-05

m/sec

# Prova di permeabilità Lefranc \_ discesa - LAGO AZZURRO

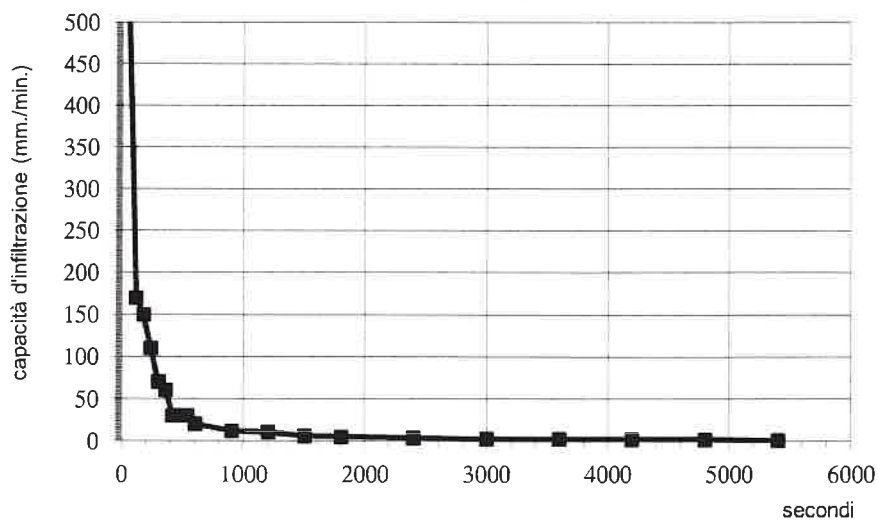
Prova n. 1

Sondaggio S 1

Profondità rivestimento: 4.7 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c. +700 mm p.c.	livello acqua da bocca foro	intervallo tempo	infiltrazione	capacità infiltrazione
sec	mm	mm	sec.	mm.	mm./min.
0	700	0			
10	-100	800	10	800	4800.0000
30	-680	1380	20	580	1740.0000
60	-940	1640	30	260	520.0000
120	-1110	1810	60	170	170.0000
180	-1260	1960	60	150	150.0000
240	-1370	2070	60	110	110.0000
300	-1440	2140	60	70	70.0000
360	-1500	2200	60	60	60.0000
420	-1530	2230	60	30	30.0000
480	-1560	2260	60	30	30.0000
540	-1590	2290	60	30	30.0000
600	-1610	2310	60	20	20.0000
900	-1670	2370	300	60	12.0000
1200	-1720	2420	300	50	10.0000
1500	-1750	2450	300	30	6.0000
1800	-1775	2475	300	25	5.0000
2400	-1810	2510	600	35	3.5000
3000	-1835	2535	600	25	2.5000
3600	-1860	2560	600	25	2.5000
4200	-1880	2580	600	20	2.0000
4800	-1900	2600	600	20	2.0000
5400	-1910	2610	600	10	1.0000

Grafico infiltrazione



## 4.4.1. Prova a carico variabile

Si esegue in terreni aventi una permeabilità inferiore ai  $10^{-5}$  cm/s. Può essere eseguita abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o di discesa. I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su un diagramma semilogaritmico (fig. 59).

Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln h_1}{h_2}$$

dove:

$k$  = coefficiente di permeabilità in m/s

$A$  = area di base del foro di sondaggio in  $m^2$

$h_1$  e  $h_2$  = altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro negli istanti  $t_1$  e  $t_2$  (fig. 60)

$C$  = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per  $L \gg D$   $C = L$

per  $L \leq D$   $C = 2\pi D + L$

Come stabiliscono le norme AGI, un controllo

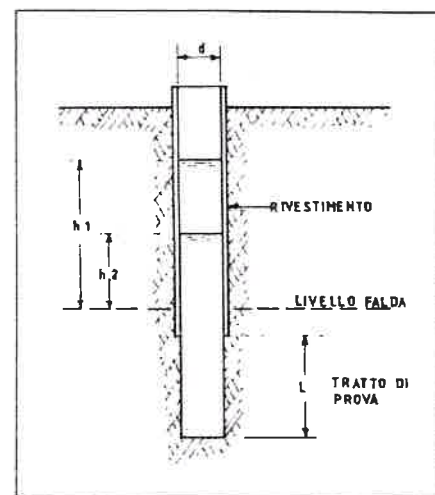


Figura 60. Prova di assorbimento a carico variabile.

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668 m<sup>2</sup>

C=L

0.5

L = tratto di prova

0.5 m

h1 = altezza del livello dell'acqua a t1: 180 s

1.64 m

h2 = altezza del livello dell'acqua a t2: 3000 s

1.065 m

Livello Falda

2.9 m

K=

1.68E-06

m/sec

# Prova di permeabilità Lefranc \_ discesa - LAGO AZZURRO

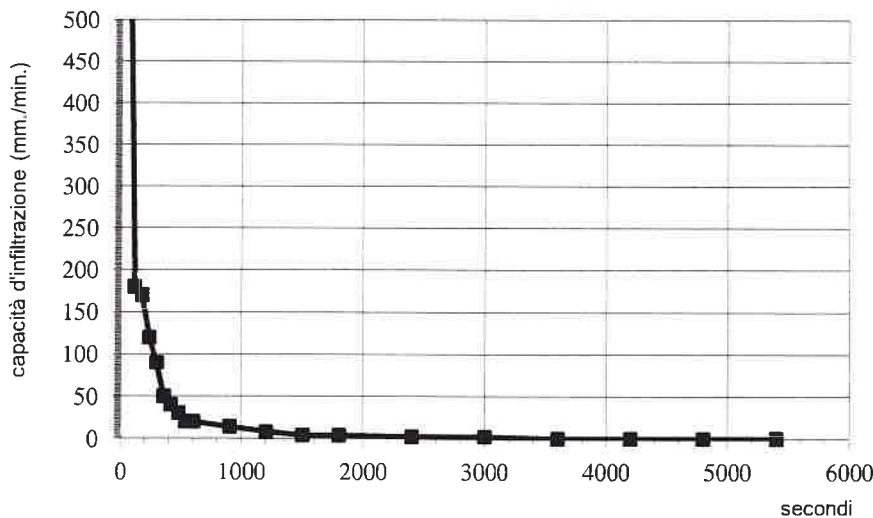
Prova n. 2

Sondaggio S 1

Profondità rivestimento: 4.7 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c. +700 mm p.c.	livello acqua da bocca foro	intervallo tempo	infiltrazione	capacità infiltrazione
sec	mm	mm	sec.	mm.	mm./min.
0	700	0			
10	-20	720	10	720	4320.0000
30	-610	1310	20	590	1770.0000
60	-980	1680	30	370	740.0000
120	-1160	1860	60	180	180.0000
180	-1330	2030	60	170	170.0000
240	-1450	2150	60	120	120.0000
300	-1540	2240	60	90	90.0000
360	-1590	2290	60	50	50.0000
420	-1630	2330	60	40	40.0000
480	-1660	2360	60	30	30.0000
540	-1680	2380	60	20	20.0000
600	-1700	2400	60	20	20.0000
900	-1770	2470	300	70	14.0000
1200	-1810	2510	300	40	8.0000
1500	-1830	2530	300	20	4.0000
1800	-1850	2550	300	20	4.0000
2400	-1875	2575	600	25	2.5000
3000	-1900	2600	600	25	2.5000
3600	-1905	2605	600	5	0.5000
4200	-1910	2610	600	5	0.5000
4800	-1915	2615	600	5	0.5000
5400	-1920	2620	600	5	0.5000

Grafico infiltrazione



## 4.4.1. Prova a carico variabile

Si esegue in terreni aventi una permeabilità inferiore ai  $10^{-5}$  cm/s. Può essere eseguita abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o di discesa. I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su un diagramma semilogaritmico (fig. 59).

Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln h_1}{h_2}$$

dove:

$k$  = coefficiente di permeabilità in m/s

$A$  = area di base del foro di sondaggio in  $m^2$

$h_1$  e  $h_2$  = altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro negli istanti  $t_1$  e  $t_2$  (fig. 60)

$C$  = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per  $L \gg D$   $C = L$

per  $L \leq D$   $C = 2\pi D + L$

Come stabiliscono le norme AGI, un controllo

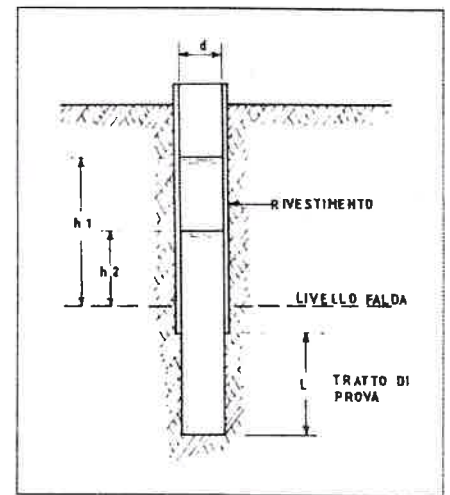


Figura 60. Prova di assorbimento a carico variabile.

$D$  = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668  $m^2$

$C=L$

0.5

$L$  = tratto di prova

0.5 m

$h_1$  = altezza del livello dell'acqua a  $t_1$ : 180 s

1.57 m

$h_2$  = altezza del livello dell'acqua a  $t_2$ : 3000 s

1 m

Livello Falda

2.9 m

$K=$

1.76E-06

m/sec

# Prova di permeabilità Lefranc \_ discesa - LAGO SANTARINI

Prova n. 1

Sondaggio S 1

Profondità rivestimento: 7.50 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c. +800 mm p.c.	livello acqua da bocca foro	intervallo tempo	infiltrazione	capacità infiltrazione
sec	mm	mm	sec.	mm.	mm./min.
0	800	0			
10	-600	1400	10	1400	8400.0000
30	-2000	2800	20	1400	4200.0000
60	-2340	3140	30	340	680.0000
120	-2480	3280	60	140	140.0000
180	-2520	3320	60	40	40.0000
240	-2550	3350	60	30	30.0000
300	-2570	3370	60	20	20.0000
360	-2580	3380	60	10	10.0000
420	-2600	3400	60	20	20.0000
480	-2605	3405	60	5	5.0000
540	-2610	3410	60	5	5.0000
600	-2615	3415	60	5	5.0000
900	-2620	3420	300	5	1.0000
1200	-2630	3430	300	10	2.0000
1800	-2640	3440	600	10	1.0000

## 4.4.1. Prova a carico variabile

Si esegue in terreni aventi una permeabilità inferiore ai  $10^{-5}$  cm/s. Può essere eseguita abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o di discesa. I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su un diagramma semilogaritmico (fig. 59).

Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln h_1}{h_2}$$

dove:

$k$  = coefficiente di permeabilità in m/s

$A$  = area di base del foro di sondaggio in  $m^2$

$h_1$  e  $h_2$  = altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro negli istanti  $t_1$  e  $t_2$  (fig. 60)

$C$  = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per  $L \gg D$   $C = L$

per  $L \leq D$   $C = 2\pi D + L$

Come stabiliscono le norme AGI, un controllo

Grafico infiltrazione

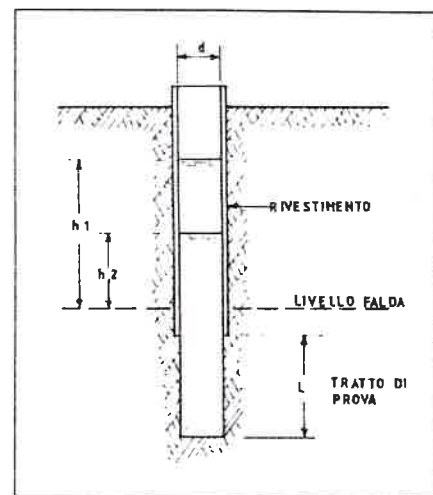
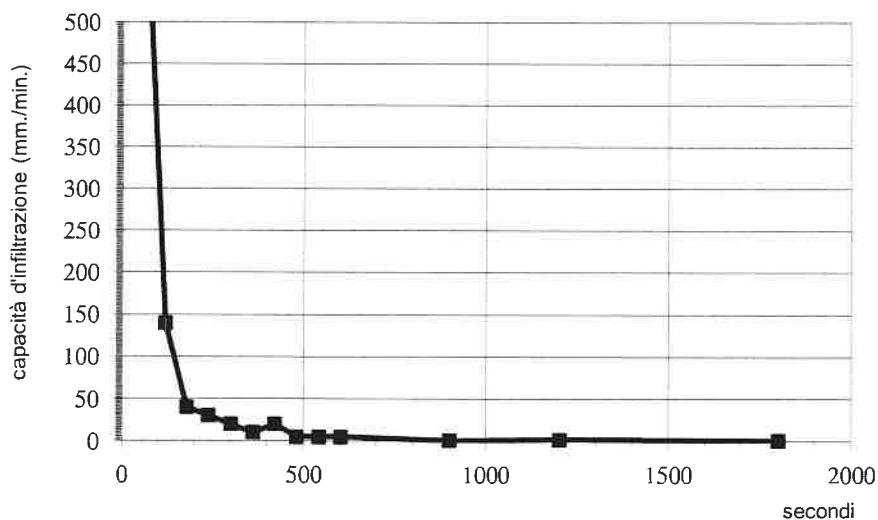


Figura 60. Prova di assorbimento a carico variabile.

$D$  = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668  $m^2$

$C=L$

0.5

$L$  = tratto di prova

0.5 m

$h_1$  = altezza del livello dell'acqua a  $t_1$ : 60 s

1.86 m

$h_2$  = altezza del livello dell'acqua a  $t_2$ : 1800 s

1.56 m

Livello Falda

4.2 m

$K=$

1.11E-06

m/sec



# Prova di permeabilità Lefranc \_ discesa - LAGO SANTARINI

Prova n. 2

Sondaggio S 1

Profondità rivestimento: 7.50 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c. +800 mm p.c.	livello acqua da bocca foro	intervallo tempo	infiltrazione	capacità infiltrazione
sec	mm	mm	sec.	mm.	mm./min.
0	800	0			
10	-900	1700	10	1700	10200.0000
30	-2000	2800	20	1100	3300.0000
60	-2380	3180	30	380	760.0000
120	-2510	3310	60	130	130.0000
180	-2560	3360	60	50	50.0000
240	-2580	3380	60	20	20.0000
300	-2600	3400	60	20	20.0000
360	-2610	3410	60	10	10.0000
420	-2615	3415	60	5	5.0000
480	-2620	3420	60	5	5.0000
540	-2625	3425	60	5	5.0000
600	-2630	3430	60	5	5.0000
900	-2640	3440	300	10	2.0000
1200	-2650	3450	300	10	2.0000
1800	-2655	3455	600	5	0.5000

## 4.4.1. Prova a carico variabile

Si esegue in terreni aventi una permeabilità inferiore ai  $10^{-5}$  cm/s. Può essere eseguita abbassando o sollevando il livello statico della falda nel foro e misurando poi la velocità di risalita o di discesa. I tempi e gli spostamenti vengono rappresentati su un diagramma semilogaritmico (fig. 59).

Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C (t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln h_1}{h_2}$$

dove:

$k$  = coefficiente di permeabilità in m/s

$A$  = area di base del foro di sondaggio in  $m^2$

$h_1$  e  $h_2$  = altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro negli istanti  $t_1$  e  $t_2$  (fig. 60)

$C$  = coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato;

per  $L \gg D$   $C = L$

per  $L \leq D$   $C = 2\pi D + L$

Come stabiliscono le norme AGI, un controllo

Grafico infiltrazione

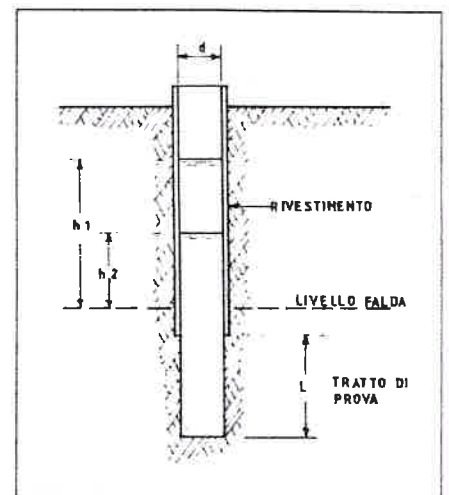
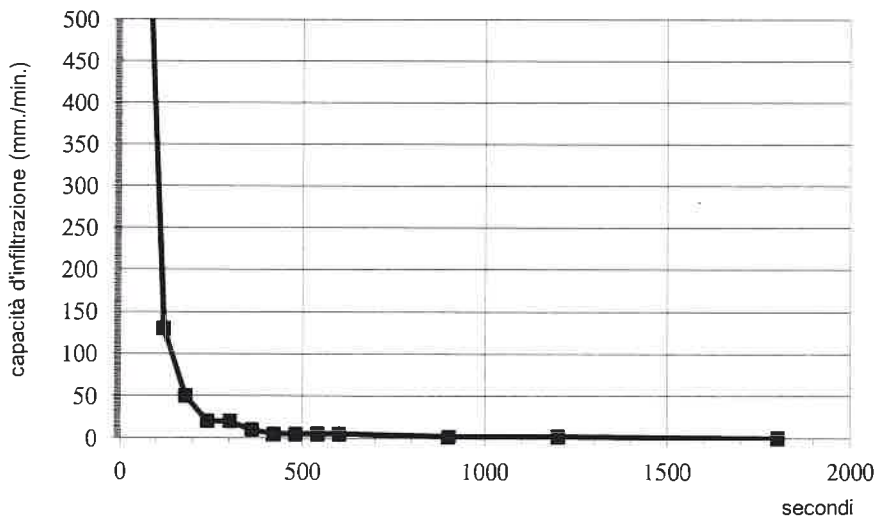


Figura 60. Prova di assorbimento a carico variabile.

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668 m<sup>2</sup>

C=L

0.5

L = tratto di prova

0.5 m

h1 = altezza del livello dell'acqua a t1: 60 s

1.82 m

h2 = altezza del livello dell'acqua a t2: 1800 s

1.545 m

Livello Falda

4.2 m

K=

1.04E-06

m/sec

## **APPENDICE – C–**

### **DATI BIBLIOGRAFICI**







# PROFILO RIASSUNTIVO DEL SONDAGGIO STRATIGRAFICO

*San Martina (nitrate)*

SCALA 1:100

0000000000 Identificazione Spazio Dati Geografici

PROVINCIA: Roma  
COMUNE: Santhia/Carpi di Santhia

**S 2  
CAROTAGGIO  
CONTINUO**

SEDE EIA: 01/000  
PUBBL. C. 01/000  
FED. 01/000

DATA DI C.A.: 02  
PUBBL. C. 01/000  
FED. 01/000

COMITATO: ROMANA ACQUE S.P.A.

MODALITÀ: Pisto Saveri (Regione Emilia-Romagna)  
SISTEMA: Sistema Guastalla (Regione Emilia-Romagna)  
USO: Sottosistema Perforazioni Geotecniche

APPROVATO E CONFERMATO: Pisto Saveri  
DATA PERFEZIONAMENTO: 06/12/2005  
FED. PERFEZIONAMENTO: 06/12/2005

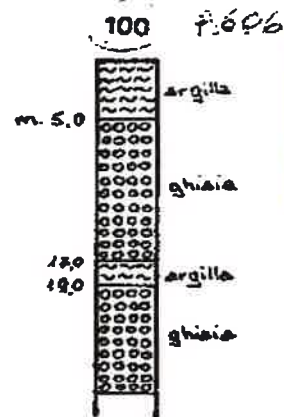
ALLEGATO: Tabella 2005



Realizzato nell'ambito dello studio  
Studio della qualità chimica del fiume Marecchia: analisi qualitativa  
a supporto della gestione sostenibile delle risorse idriche

PROFONDITÀ	TRATTO SONDAGGIO	CAMPIONI	azoto nitrico mg/kg ST	azoto ammoniacale mg/kg ST	PROFONDITÀ	LITOLOGIA PER BANCA DATI	PROFONDITÀ STRATI (S.D.)	DESCRIZIONE PER BANCA DATI	MODALITÀ DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	PAUSA	PROFONDITÀ
0					0		0.00	acqua				0
1					1		1.00	acqua fredda				1
2					2		2.00	acqua fredda				2
3					3		3.00	acqua fredda				3
4					4		4.00	acqua fredda				4
5					5		5.00	acqua fredda				5
6					6		6.00	acqua fredda				6
7					7		7.00	acqua fredda				7
8					8		8.00	acqua fredda				8
9					9		9.00	acqua fredda				9
10					10		10.00	acqua fredda				10
11					11		11.00	acqua fredda				11
12					12		12.00	acqua fredda				12
13					13		13.00	acqua fredda				13
14					14		14.00	acqua fredda				14
15					15		15.00	acqua fredda				15
16					16		16.00	acqua fredda				16
17					17		17.00	acqua fredda				17
18					18		18.00	acqua fredda				18
19					19		19.00	acqua fredda				19
20					20		20.00	acqua fredda				20
21					21		21.00	acqua fredda				21
22					22		22.00	acqua fredda				22
23					23		23.00	acqua fredda				23
24					24		24.00	acqua fredda				24
25					25		25.00	acqua fredda				25
26					26		26.00	acqua fredda				26
27					27		27.00	acqua fredda				27
28					28		28.00	acqua fredda				28
29					29		29.00	acqua fredda				29
30					30		30.00	acqua fredda				30
31					31		31.00	acqua fredda				31
32					32		32.00	acqua fredda				32
33					33		33.00	acqua fredda				33
34					34		34.00	acqua fredda				34
35					35		35.00	acqua fredda				35
36					36		36.00	acqua fredda				36
37					37		37.00	acqua fredda				37
38					38		38.00	acqua fredda				38
39					39		39.00	acqua fredda				39
40					40		40.00	acqua fredda				40
41					41		41.00	acqua fredda				41
42					42		42.00	acqua fredda				42
43					43		43.00	acqua fredda				43
44					44		44.00	acqua fredda				44
45					45		45.00	acqua fredda				45
46					46		46.00	acqua fredda				46
47					47		47.00	acqua fredda				47
48					48		48.00	acqua fredda				48
49					49		49.00	acqua fredda				49
50					50		50.00	acqua fredda				50
51					51		51.00	acqua fredda				51
52					52		52.00	acqua fredda				52
53					53		53.00	acqua fredda				53
54					54		54.00	acqua fredda				54
55					55		55.00	acqua fredda				55
56					56		56.00	acqua fredda				56
57					57		57.00	acqua fredda				57
58					58		58.00	acqua fredda				58
59					59		59.00	acqua fredda				59
60					60		60.00	acqua fredda				60
61					61		61.00	acqua fredda				61
62					62		62.00	acqua fredda				62
63					63		63.00	acqua fredda				63
64					64		64.00	acqua fredda				64
65					65		65.00	acqua fredda				65
66					66		66.00	acqua fredda				66
67					67		67.00	acqua fredda				67
68					68		68.00	acqua fredda				68
69					69		69.00	acqua fredda				69
70					70		70.00	acqua fredda				70
71					71		71.00	acqua fredda				71
72					72		72.00	acqua fredda				72
73					73		73.00	acqua fredda				73
74					74		74.00	acqua fredda				74
75					75		75.00	acqua fredda				75
76					76		76.00	acqua fredda				76
77					77		77.00	acqua fredda				77
78					78		78.00	acqua fredda				78
79					79		79.00	acqua fredda				79
80					80		80.00	acqua fredda				80
81					81		81.00	acqua fredda				81
82					82		82.00	acqua fredda				82
83					83		83.00	acqua fredda				83
84					84		84.00	acqua fredda				84
85					85		85.00	acqua fredda				85
86					86		86.00	acqua fredda				86
87					87		87.00	acqua fredda				87
88					88		88.00	acqua fredda				88
89					89		89.00	acqua fredda				89
90					90		90.00	acqua fredda				90
91					91		91.00	acqua fredda				91
92					92		92.00	acqua fredda				92
93					93		93.00	acqua fredda				93
94					94		94.00	acqua fredda				94
95					95		95.00	acqua fredda				95
96					96		96.00	acqua fredda				96
97					97		97.00	acqua fredda				97
98					98		98.00	acqua fredda				98
99					99		99.00	acqua fredda				99
100					100		100.00	acqua fredda				100

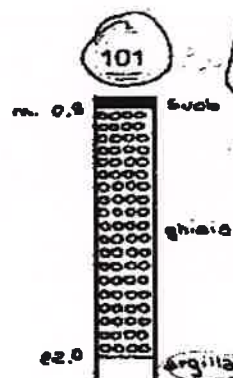
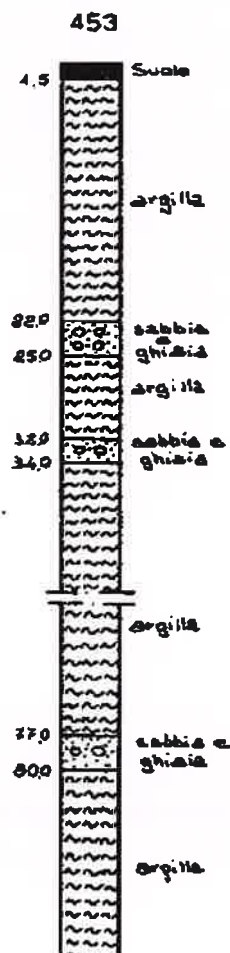




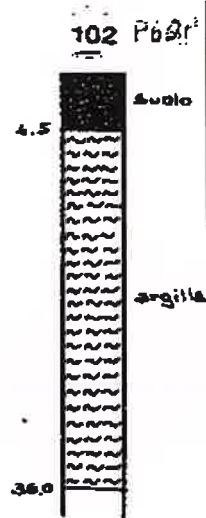
S5  
POZZO PER ACQUA  
SUBSTRATO >28 MT

# POZZI PER ACQUA

S3, S5, S8



S3  
POZZO PER ACQUA  
PROF. SUBSTRATO  
22 MT



S8  
POZZO PER ACQUA  
PROF. SUBSTRATO  
4.5 MT

**2014-2015** **Mathematics** **2014-2015** **Mathematics**

**Abstract**

1. **Author:** [Name]  
 2. **Title:** [Title]  
 3. **Journal:** [Journal]  
 4. **Volume:** [Volume]  
 5. **Issue:** [Issue]  
 6. **Page:** [Page]  
 7. **Year:** [Year]

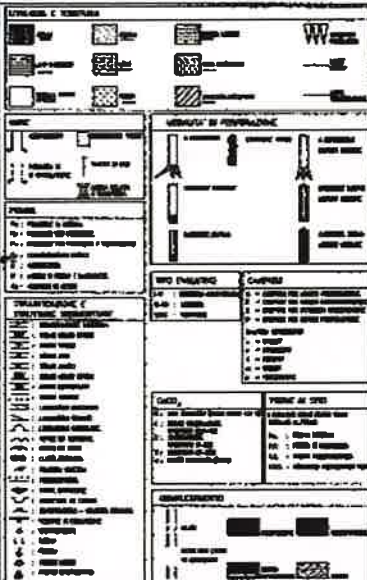
Check Out Number: 255-11  
 Year: 1998  
 Date: 10/10/98

Order: 240  
320

and others

[illegible]

Reprints of this article are available from the publisher, CRC Press, 2001, at \$15.00 per copy. For more information, contact the publisher at (800) 354-1420 or (305) 371-4133.



NAME \_\_\_\_\_

1. Write the \_\_\_\_\_  
Republic of the \_\_\_\_\_  
United States \_\_\_\_\_

2. Write the \_\_\_\_\_  
Republic of the \_\_\_\_\_  
United States \_\_\_\_\_

3. Write the \_\_\_\_\_  
Republic of the \_\_\_\_\_  
United States \_\_\_\_\_

4. Write the \_\_\_\_\_  
Republic of the \_\_\_\_\_  
United States \_\_\_\_\_

5. Write the \_\_\_\_\_  
Republic of the \_\_\_\_\_  
United States \_\_\_\_\_

6. Write the \_\_\_\_\_  
Republic of the \_\_\_\_\_  
United States \_\_\_\_\_

**WFO: 1/1/82**

**NAME: WFO**

- **Amputation (Right)**
- **Right**
- **Amputated limb**
- **Amputated**
- **Amputated**

**NAME: WFO**

- **Amputation (Right)**
- **Right**
- **Amputated limb**
- **Amputated**
- **Amputated**

**NAME: WFO**

- **Amputation (Right)**
- **Right**
- **Amputated limb**
- **Amputated**
- **Amputated**

**NAME: WFO**

- **Amputation (Right)**
- **Right**
- **Amputated limb**
- **Amputated**
- **Amputated**

PHONE IN USE					
NAME					
NUMBER					
DATE					
TIME					
FROM					
TO					

**S 4**

## CAROTAGGIO CONTINUO

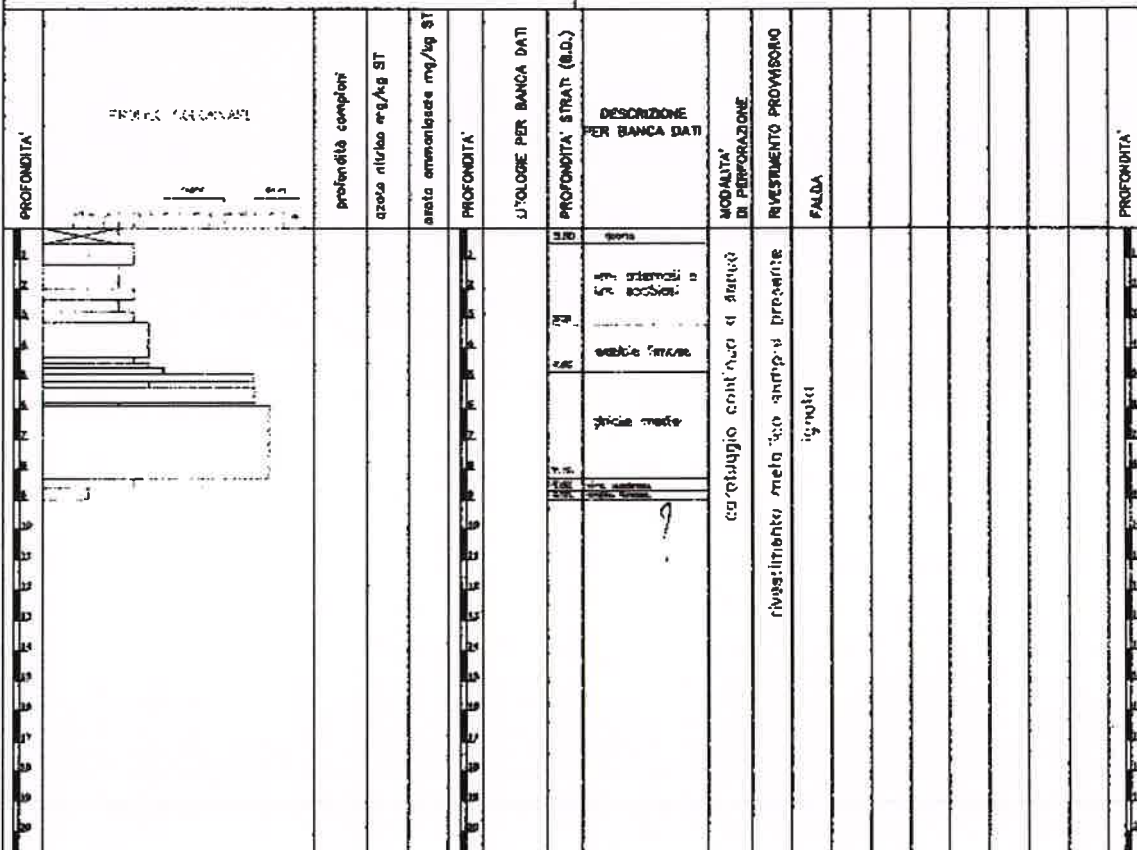
SUBSTRATO A 25.5 MT

[illegible]

Committente Ing. BERTI		S. Martino del Mulini		Rif. 93002		S. 6 CAROTAGGIO CONTINUO		GEOEMME 2 SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI	
Cantiere SANTARCANGELO R.		Data GEN. 83		Quota p.c.				VIA CECCHARELLI 29/A 47037 RAVENNA - TEL. 0541/779215	
SOND. N. 1			sistema di perforazione: ROTAZIONE diametro 101 mm rivestimento: Diametro 127 mm						
PROF. DAL P. C.	SPESSORE STRATI		DESCRIZIONI	PERCENT. CAROTAGG.	S.P.T.				
					Per x 15 mm.	N. colpi			
1.80			1.80-2.00: LIMO MOLLASSO FINEGGIANTISSIMO SABBOSO MARRONE-GRIGIOASTRO CON FREQUENTI NODOLI CALCAREI E CRISTALLI, ARGENTIFERA.						
1.3			2.00-2.30: SABBIA MEDIO-FINE IN PREVALENZA CALCAREA IN MATRICE SABBOSA GRIGIOASTRO LUNGA GRIGIO-NUCCOLA, FINE-MEDIA.						
1.30									
2.5			2.30-2.50: SABBIA MEDIO-GRASSOLANA IN MATRICE SABBOSA FINE-MEDIA.			22	34 48 50		
2.3									
1.3			2.50-2.80: SABBIA FINE-MEDIA ARGENTIFERA, CALCAREA IN MATRICE SABBOSA GRIGIO-NUCCOLA, ARGENTIFERA. LA MATRICE TONDE A DIVENTARE FIN LUNGA NEGLI STRATI DI DELL'INTERVALLO.						
1.80									
5.0			2.80-3.00: SABBIA FINE-MEDIA ARGENTIFERA, DI NATURA CALCAREA IN MATRICE SABBOSA GRIGIO-NUCCOLA FINE, DI COLORE NUCCOLA-GRIGIOASTRO.			22	28 34 48		
5.0									
5.8			3.00-3.20: SABBIA MEDIO-GRASSOLANA CON FREQUENTE QUANTITÀ CALCEA E MELASSO (CAROTAZIONE N. 1 ON).						
5.2			3.20-3.50: SABBIA MEDIO-FINE IN MATRICE SABBOSA DI COLORE NUCCOLA-GRIGIOASTRO.						
2.80									
5.7			3.50-3.70: SABBIA MEDIO-GRASSOLANA IN SCARSA MATRICE SABBOSA.						
5.7									
5.4			3.70-4.00: SABBIA MEDIO-FINE IN MATRICE SABBOSA FINE-GRASSOLANTE LUNGA.						
5.4									
10			n. 2 cassette catalografici						

UBICAZIONE 434-435

P434





P613

# STRATIGRAFIE DEI POZZI CAMPIONE 23288

POZZO MA1 146

CONSORZIO USO - CONCA - AGRO RIMINESE

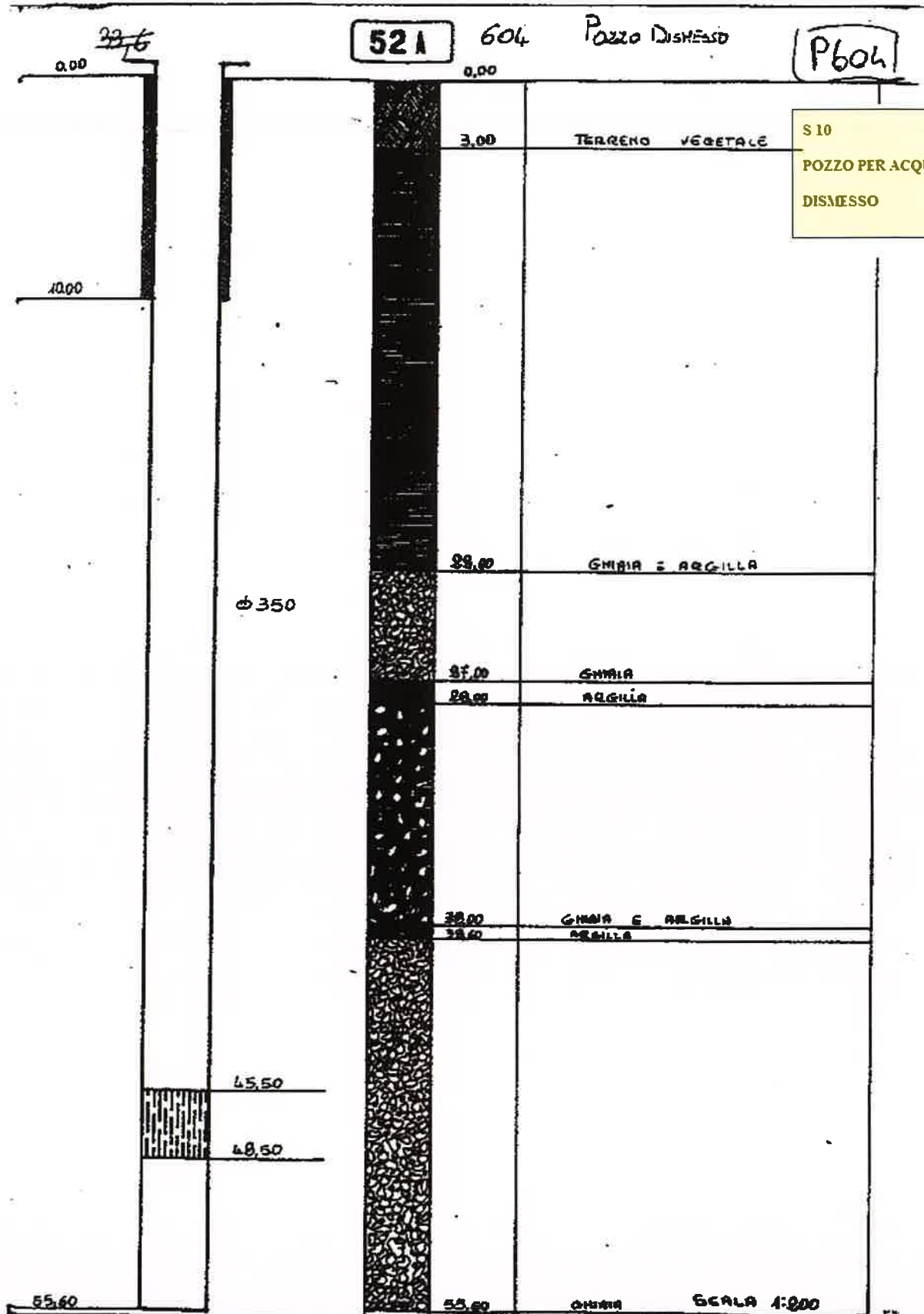
QUOTA P.C. 40,10

Quota s.l.m.	Profondità in mt.	Colonna stratigrafica	Descrizione del terreno	N. stat.	lit. dia.
					S 9
					POZZO PER ACQUA
					SUBSTRATO
					55.40 mt
	5		Ghiaia con ciottoli, sabbia molto argillosa giallastra		
	10				
	15				
	20				
	20.80		Argilla gialla sabbiosa		
	22.40		Ghiaia con ciottoli ed argilla sabbiosa giallastra		
	28.30		Argilla sabbiosa		
	30.15		Ghiaia		
	34.20		Argilla grigia plastica molto sabbiosa		
	41.40		Ghiaia e ciottoli in sabbia argillosa		
	45.40		Argilla giallastra limosa con qualche residuo ghiaioso		
	55.40		Argilla limosa grigia compattata		
	60.00				
	65				
	70				
	75				
	80				
	85				
	90				
	95				
	100				
	105				
	110				
	115				
	120				

— Cementazione

--- Tubo fessurato





10 melle  
concrete  
Piano capogno 65m

3° - Incongrua fin.

Conveniente Cantieri Località Data		AMAR. ROMA S. Martino del M. Mar. SE		RE. Q. 00070 Q. 00070	2	GEOMETRI 2 ALVARO BOLLINI E ALFONSO CORRADI ROMA	
SOND. N. 6		Sistema di perforazione: SONDAGGIO ROTATIVO PER FORO Diametro: 100 mm					
Profondità (m)	Percussioni (n°/m)	Cores	Percussioni (n°/m)	Percussioni (n°/m)	Percussioni (n°/m)	Percussioni (n°/m)	Percussioni (n°/m)
0.0							
1.0							
2.0							
3.0							
4.0							
5.0							
6.0							
7.0							
8.0							
9.0							
10.0							
11.0							
12.0							
13.0							
14.0							
15.0							
16.0							
17.0							
18.0							
19.0							
20.0							
21.0							
22.0							
23.0							
24.0							
25.0							
26.0							
27.0							
28.0							
29.0							
30.0							
31.0							
32.0							
33.0							
34.0							
35.0							
36.0							
37.0							
38.0							
39.0							
40.0							
41.0							
42.0							
43.0							
44.0							
45.0							
46.0							
47.0							
48.0							
49.0							
50.0							
51.0							
52.0							
53.0							
54.0							
55.0							
56.0							
57.0							
58.0							
59.0							
60.0							
61.0							
62.0							
63.0							
64.0							
65.0							
66.0							
67.0							
68.0							
69.0							
70.0							
71.0							
72.0							
73.0							
74.0							
75.0							
76.0							
77.0							
78.0							
79.0							
80.0							
81.0							
82.0							
83.0							
84.0							
85.0							
86.0							
87.0							
88.0							
89.0							
90.0							
91.0							
92.0							
93.0							
94.0							
95.0							
96.0							
97.0							
98.0							
99.0							
100.0							

N. 8  
Sondaggio  
Sondaggio

Sondaggio a percussione con 20 m, a 10 m e 5 m.  
Per 1 m di sondaggio per 1 m di sondaggio.

S 11  
CAROTAGGIO CONTINUO  
SUBSTRATO A 31.0 mt



# STUDIO T.I.

SOCIETA' DI ENGINEERING  
STUDI E RICERCHE  
PROGETTI  
DIREZIONI LAVORI  
CONSULENZE

Committente: E.L.M.I. Srl

Localita': MOLINO MORONI

Sondaggio n.: 1

Data : 15/05/93 Quota p.c.: 65.9 Rep. : 161

P431

STUDIO T.I. s.r.l. Viale Pascoli 174 47037 Rimini Tel. 0541-384000 Fax 0541-382282

note lm	Profondita' in mt.	Colonna stratigr.	Descrizione del terreno	Pocket	Vane	NOTE
1	0.40		terreno agricolo di colore marrone argillo-sabbioso			
2						
3						
4						
5	1.80 liv. stat.					
6	5.30					
7	7.20		Argilla di colore grigio, compatta, torosa debolmente limosa			
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						

S 12

CAROTAGGIO CONTINUO

PROFONDITA' SUBSTRATO 5.30 MT

UBICAZIONE

431-432

S.12

CAROTAGGIO

CONTINUO

SUBSTRATO

5.30 mt