



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"
Settore Progettazione Rimini - Bacino Marecchia
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Importo Progetto € 15.000.000,00
C.U.P. I61B20001260001



SF RG

RELAZIONE GEOLOGICA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Ing. Andrea Cicchetti

PROGETTISTA
Ing. Marco Donati

GEOLOGO
Geol. Eugenio Fiorini

Visto per verifica
IL PRESIDENTE
Stefano Francia

Codice Progetto	Revisioni	Descrizione	data
T1RN-01/2022	0	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA	20/01/2022

INDICE:

- 1 -	PREMESSA -----	PAG. 2
- 2 -	ASPETTI GEOLOGICI GENERALI DEL BACINO IMBRIFERO DEL FIUME MARECCHIA -----	PAG. 4
- 3 -	ASPETTI GEOLOGICI SALIENTI DELLA CONOIDE DEL FIUME MARECCHIA ---	PAG. 8
- 4 -	IDROGEOLOGIA DELLA CONOIDE DEL FIUME MARECCHIA -----	PAG. 11
- 5 -	INDAGINI IN SITO -----	PAG. 13
- 6 -	STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI -----	PAG. 15
- 7 -	RISULTATI DELLE ANALISI DI LABORATORIO -----	PAG. 16
- 8 -	RISULTATI DELLE PROVE DI PERMEABILITA' (LEFRANC) -----	PAG. 18
- 9 -	COMPARAZIONE TRA I RISULTATI DELLE PROVE DI PERMEABILITA' E I FUSI GRANULOMETRICI -----	PAG. 21
- 10 -	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO -----	PAG. 23
10.1	Premesse -----	PAG. 23
10.2	Stratigrafia -----	PAG. 23
10.3	Indicazioni sui parametri geotecnici dei terreni -----	PAG. 24
10.4	Livello della falda e sottospinte idrauliche -----	PAG. 25
-	APPENDICE A - STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI E CERTIFICATI ANALISI GRANULOMETRICHE	
-	APPENDICE B - PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC	

COMUNI DI RIMINI E SANTARCANGELO DI ROMAGNA
PROVINCIA DI RIMINI

INDAGINE GEOLOGICA-TECNICA RIGUARDANTE IL PROGETTO DI FATTIBILITA'
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:

Su incarico del Consorzio di Bonifica della Romagna è stato eseguito uno studio geologico tecnico sui terreni che interessano i bacini Incal, Azzurro e Sanarini (Ex. Cave di ghiaie), ubicati in destra idrografica del Fiume Marecchia, siti in zona traversa Marecchia (località S. Martino dei Mulini - Santarcangelo di Romagna).

I bacini Incal e Azzurro ricadono nel territorio del Comune di Rimini mentre il bacino Santarini nel territorio del Comune di Santarcangelo di Romagna.

Le finalità del presente studio sono quelle di:

- . evidenziare, in sintesi, gli aspetti geologici generali del bacino imbrifero superficiale del Fiume Marecchia;
- . evidenziare gli aspetti geologici generali della conoide del Fiume Marecchia e dell'area di interesse;
- . evidenziare, in generale, la geometria dell'acquifero della conoide, le falde e la loro alimentazione;
- . valutare la prima stratigrafia del fondo e delle sponde dei bacini di interesse;
- . valutare le permeabilità dei terreni che costituiscono il fondo dei bacini in oggetto, attraverso la realizzazione di prove Lefranc (prove eseguite nei fori di sondaggio);

- . prelevare dei campioni rimaneggiati sui quali eseguire le analisi granulometriche da comparare con le prove di permeabilità eseguite in sito;
- . fare delle prime valutazioni di tipo geologico-tecnico sui terreni di imposta dell'impianto di sollevamento.

- 2 - ASPETTI GEOLOGICI GENERALI DEL BACINO IMBRIFERO DEL FIUME MARECCHIA:

L'ampio bacino idrografico apparente del Fiume Marecchia, esteso per 460 Km² circa, è stato interessato dall'evoluzione sedimentaria e paleogeografica del margine appenninico che, secondo Ricci Lucchi e altri (1982), si sarebbe esplicato nelle seguenti 5 fasi:

- 1) **Fase Serravalliana- Tortoniana** di instaurazione delle prime strutture plicative ed in parte disgiuntive nel substrato paleoautoctono ascrivibile alla formazione << Marnoso Arenacea >>.
- 2) **Fase Tortoniana** di traslazione in megacolata del Melange tettonico sedimentario delle << Argille Scagliose >> con fenomeni olistostromatici di instabilità alla sua fronte.
- 3) **Fase intramessiniana** di accentuazione delle strutture plicative e disgiuntive della << Marnoso Arenacea >> con accumulo nelle zone di basso strutturale di olistostromi derivati sia dalle unità messiniane che dalle << Argille Scagliose >>.
- 4) **Fase infrapliocenica** di sollevamento con tendenza regressiva generalizzata su tutta l'area.
- 5) **Fase medio e postpliocenica** con formazione di sistemi di faglie trasversali nell'area pedeappenninica.

Nel bacino idrografico apparente (superficiale) del Fiume Marecchia, come già detto esteso per 460 Km² circa, la distribuzione percentuale delle diverse litofacies è grossomodo la seguente:

. argille e limi ≡ 36%;

- . arenarie e marne \equiv 32%;
- . calcari \equiv 24%;
- . sabbie e limi argillosi \equiv 4%;
- . ghiaie e sabbie a volte conglomerati \equiv 4%.

Dal punto di vista strettamente geologico si distinguono i 5 principali complessi:

- . Autoctono;
- . Liguridi;
- . Semiautoctono;
- . Pliocene intrappenninico;
- . Pliocene pedeappenninico.

In particolare, il complesso Autoctono dall'Alto Valle Marecchia è Costituito dalla formazione della Marnosa Arenacea (Langhiano - Tortoniano), presente in alternanze di tipo flischiaide con quattro litotipi principali, che sono: areniti, siltiti, marne limose e argille limose, a volte si rinvencono anche interstrati di calcari marnosi e lenti conglomeritiche.

Questa formazione è interessata da pieghe molto ampie, fagliate in direzione appenninica (NO - SE).

Il Complesso delle Liguridi, che affiora principalmente nell'alta e media Valle Marecchia, è costituito da un Melange tettonico sedimentario delle **Argille Scagliose** (creta - eocenica).

Le argille limose con inclusi carbonatici ed afiliatici costituiscono la parte inferiore dell'alloctono e sono sovente sovrastate da lembi della formazione dell'Alberese (Eocene inf.) (flisch calcareo

marnoso).

Questo fatto denota dei probabili sovrascorrimenti e ribaltamenti gravitativi successivi in tempi geologici.

Il **Complesso Semiautoctono**, depositatosi in successione stratigrafica sull'autoctono durante la sua traslazione, è di età Miocenica (Serravagliano-Tortoniano-Messiniano) e risulta costituito da almeno quattro formazioni, che sono: i Calcari organogeni di San Marino (Serravagliano), disseminati in blocchi e in parte derivanti dallo smembramento dei principali affioramenti di crinale e del loro scivolamento gravitativo verso valle.

La formazione delle Argille di Montebello (Serravagliano-Tortoniano).

La formazione di Acquaviva (Tortoniano), costituita da conglomerati e sabbie e superiormente da sabbie argillose.

La formazione dei Gessi (Messiniano), a cui sottostanno bancate di argille, è costituita da gessi microcristallini e selenitici con geminati a ferro di lancio (o anche detti geminati a coda di rondine).

Segue il **Complesso intrappenninico** (Pliocene Inferiore) neoautoctono, che affiora nella parte medio bassa della vallata del Fiume Marecchia, costituito da argille sabbiose con conglomerati poligenici verso l'alto della serie.

Infine, al margine del rilievo e dopo la stretta di Ponte Verucchio, è presente il Complesso Pliocenico pedeappenninico (dal Pliocene inf. Fino al superiore), costituito passando da argille sabbiose sabbie ed arenarie ai conglomerati regressivi di Santarcangelo di Romagna e Vergiano-Spadarolo, a loro volta bordati dalle prevalenti ghiaie e sabbie delle

alluvioni recenti da conoide del Fiume Marecchia.

- 3 - ASPETTI GEOLOGICI SALIENTI DELLA CONOIDE DEL FIUME MARECCHIA:

Le formazioni plioceniche del complesso appenninico, in precedenza citate, affiorano sui rilievi collinari a partire dalla località di Trebbio fino all'abitato di Santarcangelo di Romagna, in sinistra idrografica, e a partire dalla località di Villa Verucchio fino a Spadarolo, in destra idrografica.

Gli affioramenti presenti in alveo si rinvencono dalla località di Ponte Verucchio fino all'altezza della "località" Molino Moroni.

I fenomeni di sovra incisione dell'alveo sono tutt'ora in corso e hanno determinato lo spostamento dell'apice della conoide a partire dagli anni cinquanta ad oggi.

Questo fatto si riflette direttamente sull'idrografia sotterranea poiché i depositi post pliocenici risultano ampiamente drenati dal fiume e perciò, in questo tratto, scarsamente influenti sull'alimentazione delle falde acquifere più profonde poste più a valle.

Nella zona di apice della conoide, dopo la stretta di Ponte Verucchio dove la conoide tende ad allargarsi originando la piana alluvionale, è affiorante una delle ultime frange della megacolata della Val Marecchia (Liguridi).

Questi terreni prevalentemente argillosi limosi affiorano, per 1 Km circa a valle della località di Ponte Verucchio, sia in alveo fluviale che sui rilievi collinari a cui conferiscono un aspetto caratterizzato da dolci pendii con frequenti movimenti franosi di tipo rotazionale.

Essi costituiscono la collina su cui sorge l'abitato di Verucchio, parte di quella su cui sorge l'abitato di Torriana e di Ponte Verucchio.

Questo materiale origina abbondanti detriti, disposti in falde, fino

a ricoprire i depositi alluvionali della conoide.

Proseguendo verso valle affiorano delle argille sabbiose in alternanza con netta prevalenza dei terreni argillosi presenti in strati di spessore ≤ 0.5 m circa.

Procedendo verso valle, circa all'altezza di Villa Verucchio è individuabile un limite litologico tra terreni argillosi-sabbiosi alternati con netta prevalenza dei terreni sabbiosi.

A valle di questa zona è presente una litologia prevalentemente sabbiosa con strati che a volte superano il metro di spessore e sono a volte di tipo arenaceo sabbioso.

Proprio in questa zona è presente la massima erosione d'alveo, circa 8 m di spessore all'altezza di Case Pelliccioni imputabile alla disposizione verticale della stratificazione, la cui trasversalità rispetto alla corrente fa deviare in corso del fiume verso la sinistra idrografica producendo anche una conseguente pronunciata erosione di questa sponda d'alveo.

Segue poi in alveo la successione asfittica di base del Pliocene superiore di Poggio Berni, costituita da materiali limo-argillosi disposti in livelli riducenti scuri e livelli ossidati più chiari; franosi i primi per la presenza di piccole specie ittiche, vegetali ed insetti ed i secondi caratterizzati invece da resti di molluschi e foraminiferi.

Il limite di detta successione si trova in destra idrografica sulle colline fino a Vergiano, sono formati da sabbie a volte arenacee che evolvono in conglomerati poligenici di tipo puddinga e sono attribuibili alla fase regressiva post pliocenica.

E' presente evidente stratificazione a volte incrociata.

I materiali ascrivibili al Pliocene superiore nei dintorni della località di Vergiano, Spadarolo e San Lorenzo in Monte, sono ricoperti da sottili lembi di paleosuoli di colore rosso bruno denominati << Terre Rosse >> che risultano abbondantemente erosi.

Essi si sono formati in seguito ad episodi pedogenetici di clima ad azione decalcificante avvenuti in età postpliocenica.

I laghi di interesse ricadono all'altezza di Santarcangelo di Romagna - San Martino dei Mulini.

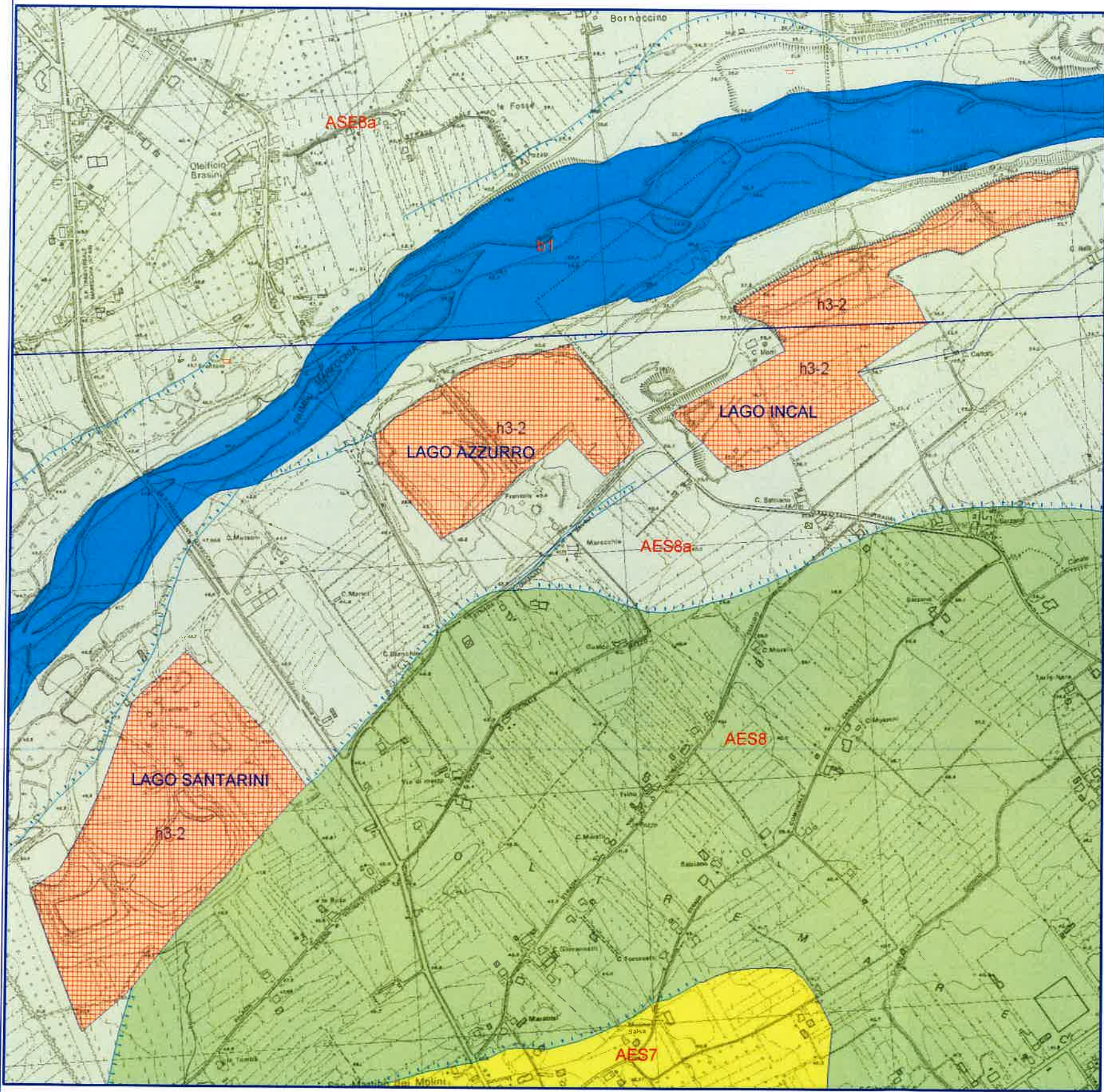
La zona in esame appare costituita essenzialmente da litologie competenti ad aree di pianura e precisamente da ghiaie, sabbie e limi argillosi alluvionali costituenti la geometria del conoide del Fiume Marecchia, le cui alternanze deposizionali sono dettate quasi esclusivamente dal variare del regime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

Sulla base della recente Carta Geologica della R.E.R., i laghi ricadono nell'Unità di Modena "AES8a", costituita da depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi.

In Fig.1 è riportato uno stralcio della Carta Geologica della R.E.R. in scala 1:10.000.

CARTA GEOLOGICA DELLA R.E.R. IN SCALA 1:10.000

FIG.1



b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Deposito costituito da materiale detritico generalmente non consolidato (ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi) di origine fluviale, attualmente soggetto a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Può essere talora fissato da vegetazione (b1a).

h3-2 - Cava inattiva

La cava, e la miniera, sono luoghi dove si svolge l'attività estrattiva di minerali utili all'uomo. Questi termini sono comprensivi del giacimento del materiale estratto e di tutte le infrastrutture necessarie per l'estrazione. Le cave sono prevalentemente in superficie ed hanno dimensioni e forma variabili in funzione del materiale estratto e del tipo di coltivazione messo in atto. Le miniere si sviluppano prevalentemente nel sottosuolo tramite gallerie e pozzi ma ne esistono anche in superficie e sono dette miniere a cielo aperto. Sono distinte in attive (h3-1); inattive (h3-2); riempite (h3-3).

AES8 - Subinterna di Ravenna

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Corrisponde nelle aree intravallive ai depositi terrazzati più bassi. Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo, talora fissate da arbusti. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7.

(Pleistocene sup. - Olocene)

AES8a - Unità di Modena

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro al tetto. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive.

(Olocene)

AES7 - Subinterna di Villa Verucchio

Depositi alluvionali terrazzati dati da ciottoli, sabbie e limi. Nella valle del F. Marecchia ghiaie di canale fluviale prevalenti (piana intravalliva e conoidi alluvionali) organizzate in un solo ordine di terrazzo con inclinazione di c.a. 10 per mille. Limite superiore dato da un suolo non calcareo spesso fino a 2 m di colore bruno scuro e bruno rossastro. Limite inferiore dato, in affioramento, da una superficie di erosione fluviale che incide AES6 ed i depositi marini. Spessore massimo circa 10 m in affioramento e 80 m nel sottosuolo della pianura.

(Pleistocene medio - sup.)

Simboli Convenzionali presenti nel 10.000

Osservazioni puntuali:

- stratificazione dritta
- stratificazione rovesciata
- stratificazione verticale

Geomorfologia linee:

- orlo di terrazzo fluviale

Geologia linee:

- contatto stratigrafico o litologico certo
- contatto stratigrafico o litologico incerto
- fraglia incerta
- limite di natura incerta

Risorse:

- cava inattiva

Tessiture:

- Ghiaia Sabbioso Argillosa
- Limo Argilloso Sabbioso
- Sabbia Limoso Argillosa

- 4 - IDROGEOLOGIA DELLA CONOIDE DEL FIUME MARECCHIA:

La conoide del Fiume Marecchia, che occupa un'area di circa 94 Km² di cui il 40% a mare, ha forma vagamente ellittica con inflessione verso la destra idrografica ed ha uno spessore dei materiali alluvionali che varia da circa 2.0 m all'altezza dell'apice a Ponte Verucchio a circa 230.0 m nella zona di S. Giustina.

Il corpo idrogeologico della conoide è costituito da molteplici lenti e letti, a varia granulometria, che definiscono una distribuzione degli acquiferi varia.

A volte le falde risultano potenzialmente statiche soprattutto per gli acquiferi più superficiali, dove si interrompe la naturale continuità verso valle.

Il sistema di disposizione dei corpi idrogeologici grossolani è sostanzialmente dovuto al regime fluviale di tipo torrentizio.

La diffusione dei materiali, costituiti da ghiaie e sabbie grossolane, consente una notevole permeabilità, sia verticale che orizzontale, con conseguente comunicazione tra i livelli più superficiali della falda acquifera e valorizzazione delle portate in emunzione.

La falda acquifera assume perciò caratteri di spiccata freaticità per i primi 20 m di profondità dal p.c. e semiartesiana fino a circa 50 m di profondità dal p.c. a causa dei primi consistenti letti di materiali a granulometria fine aventi una certa impermeabilità e continuità.

L'alternanza poi di livelli a diversa permeabilità determina condizioni di artesianità a varie profondità in relazione con le tre falde acquifere più profonde che sembrerebbero non comunicanti per la discontinuità dei vari corpi idrogeologici grossolani che le inglobano,

essendo questi immersi in una matrice fine che li avvolge quasi sempre completamente preservandoli anche dal punto di vista battereologico e parzialmente dal punto di vista chimico.

Gli spessori dei materiali fini impermeabili sono generalmente buoni essendo a volte superiori ai 10 m.

Le 4 fondamentali falde acquifere, congiuntamente alle due probabili molto profonde, sembrano sufficientemente protette da spessori di materiali fini impermeabili variabili da circa 6 m a circa 10 m ad esclusione di quella più superficiale a maggiore permeabilità verticale che risulta essere anche la maggiormente sfruttata e quindi anche la più esposta all'azione di agenti inquinanti di natura chimica ed organica.

L'alimentazione di queste falde, distribuite nell'area di conoide sembra attualmente avvenire quasi esclusivamente ad opera di acque fluenti di superficie a valle della stretta di Ponte Verucchio e subordinatamente ad opera di numerose sorgenti, a volte confluenti in corsi d'acqua laterali al corso principale del fiume Marecchia e relative a falde acquifere presenti nelle sabbie e limi del Pliocene superiore e nei conglomerati regressivi plio-pleistocenici.

Seguono poi nell'ordine altri fattori quali le precipitazioni meteoriche, almeno per la falda più superficiale, ed altri ancora, scarsamente influenti.

- 5 - INDAGINI IN SITO:

Si premette che nel periodo 11 e 12 Novembre 2021, durante l'esecuzione delle indagini in sito, i laghi Incal e Azzurro erano praticamente asciutti, mentre nel lago Santarini era presente una certa quantità d'acqua che non ci ha permesso di poter operare sul fondo lago.

Pertanto, nei laghi Incal e Azzurro si è potuto operare direttamente sul fondo degli stessi mentre nel lago Santarini si è operato sulla sponda lato Sud - Sud Ovest.

Nel lago Incal si è operato nel seguente modo:

- esecuzione di un sondaggio a distruzione spinto alla profondità di
 - 5.0 m circa dal p.c.;
- nel foro di sondaggio sono state eseguite n.2 prove di permeabilità Lefranc;
- prelievo di n.2 campioni di terreno rimaneggiati da sottoporre ad analisi Granulometriche.

Nel lago Azzurro si è operato nel seguente modo:

- esecuzione di un sondaggio a distruzione spinto alla profondità di
 - 5.20 m circa dal p.c.;
- nel foro di sondaggio sono state eseguite n.2 prove di permeabilità Lefranc;
- prelievo di n.2 campioni di terreno rimaneggiati da sottoporre ad analisi Granulometriche.

Nel lago Santarini si è operato nel seguente modo:

- esecuzione di un sondaggio a distruzione spinto alla profondità di
 - 8.00 m circa dal p.c.;

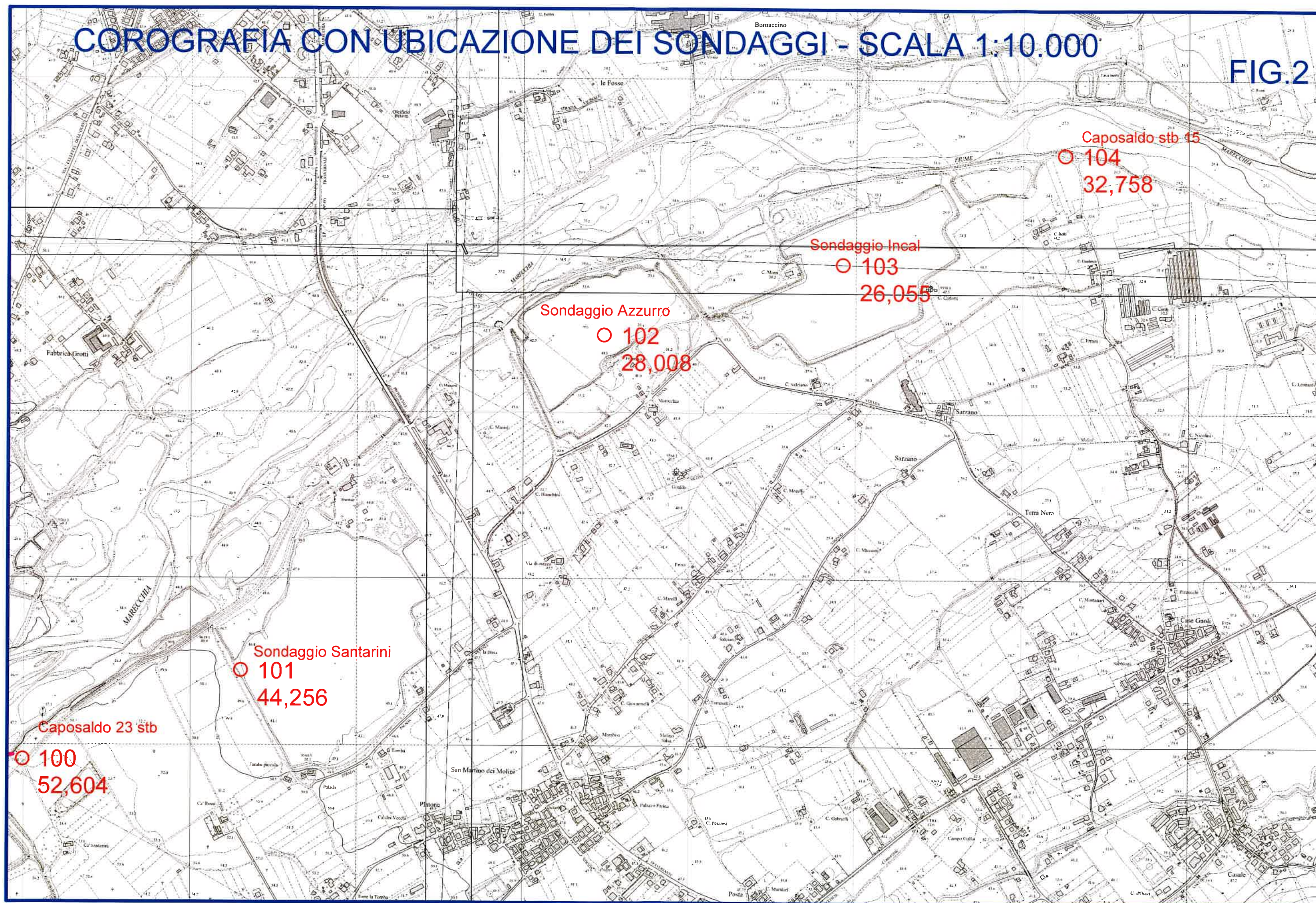
- nel foro di sondaggio sono state eseguite n.2 prove di permeabilità Lefranc;
- prelievo di n.1 campione di terreno rimaneggiato da sottoporre ad analisi di laboratorio.

I campioni di terreno sono stati prelevati attraverso l'esecuzione di pozzetti, eseguiti in adiacenza ai sondaggi, realizzati con un braccio meccanico.

Nella figura 2 (C.T.R.- Scala 1:10.000) sono riportate le Ubicazioni dei sondaggi eseguiti su ogni singolo lago.

COROGRAFIA CON UBICAZIONE DEI SONDAGGI - SCALA 1:10.000

FIG.2



- 6 STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI:

Sulla base di quanto rinvenuto nei sondaggi, le stratigrafie risultano:

- lago Incal (profondità \equiv - 5.00 ml):

- . dal p.c. a - 0.20 m circa:
limi argillosi ghiaiosi sabbiosi;
- . 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 (profondità \equiv - 5.20 ml):

- . 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 (profondità \equiv - 8.00 ml):

- . 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..

- 7 - RISULTATI DELLE ANALISI DI LABORATORIO:

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

N.B. In merito ai campioni C.1 (da 0.00 a - 0.20 m), prelevati nei laghi Incal e Azzurro, le percentuali dei terreni fini (limi + argille) sono rispettivamente del 69% (A.S.T.M.) e 68,19% (A.G.I.) e del 85,31% (A.S.T.M.) e 85,13 (A.G.I.).

Considerato che questi terreni, sulla base del sopralluogo eseguito in occasione delle indagini in sito, sono presenti con una buona continuità solo nel lago Incal mentre nel lago Azzurro si rinvencono localmente in chiazze, si ritiene che ai fini di una eventuale impermeabilizzazione siano eventualmente da considerare solo per il lago Incal.

Trattandosi di terreni che si sono depositati a seguito di ricariche dei laghi eseguite con portate torbide del Fiume Marecchia, si ritiene che tali terreni possano essere presenti anche nel lago Santarini.

In Appendice A sono riportate le stratigrafie dei sondaggi e i certificati delle analisi granulometriche.

- 8 - RISULTATI DELLE PROVE DI PERMEABILITA' (LEFRANC) :

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

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⁻¹] coefficiente di permeabilità

A [m²] area di base del foro di sondaggio

h_1 e h_2 [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.

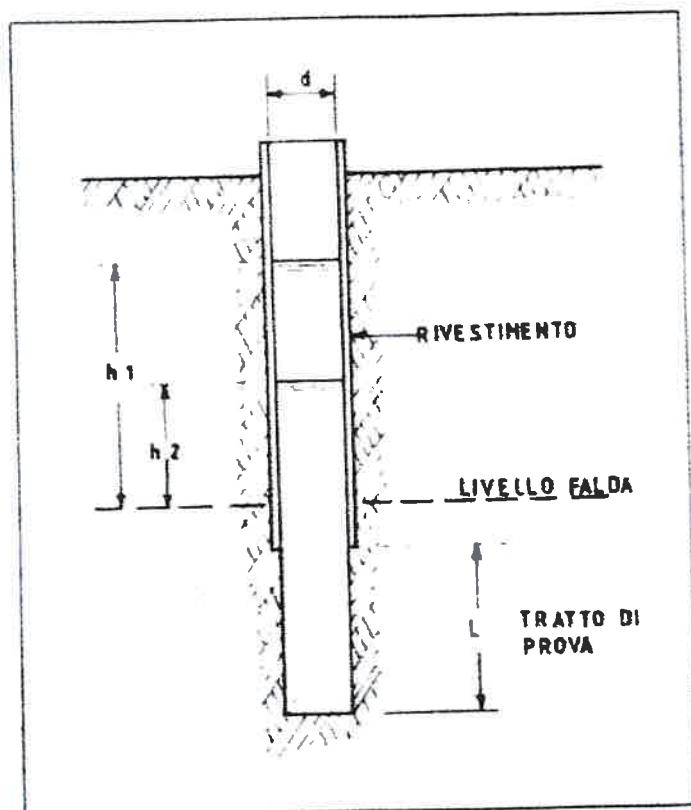
Per il coefficiente C_L sono suggeriti i seguenti valori:

- prova su un tratto di foro dove:

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

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

Nella figura 3, qui di seguito riportata, è rappresentato lo schema operativo della prova Lefranc.



Le prove hanno evidenziato i seguenti risultati:

Lago Incal:

- Prova 1 - $K = 1,42 \times 10^{-5} \text{ m sec}^{-1}$
- Prova 2 - $K = 1,41 \times 10^{-5} \text{ m sec}^{-1}$

Lago Azzurro:

- Prova 1 - $K = 1,68 \times 10^{-6} \text{ m sec}^{-1}$
- Prova 2 - $K = 1,76 \times 10^{-6} \text{ m sec}^{-1}$

Lago Santarini:

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

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

In **Appendice B** sono riportati tutti i dati e i risultati delle singole prove di Permeabilità.

- 9 - COMPARAZIONE TRA I RISULTATI DELLE PROVE DI PERMEABILITA' E I

FUSI GRANULOMETRICI:

La comparazione riguarda i fusi granulometrici dei campioni C.2, prelevati nei laghi Incal e Azzurro alle quote comprese tra - 0.50 m e - 1.10 m circa dalla base del fondo dei laghi.

Come già detto in precedenza, nel lago Santarini non è stato possibile prelevare il campione perché il livello dell'acqua era diversi metri al di sopra della sua base.

Le prove di permeabilità, eseguite nei fori di sondaggio, sono state realizzate rispettando le procedure raccomandate dell'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I. Giugno 1977).

Sulla base delle analisi granulometriche, i campioni risultano costituiti da delle percentuali di ghiaie comprese tra 79,79% e 81,72%, di sabbie comprese tra 13,35% e 8,95% e da delle percentuali di limi e argille comprese tra 6,86% e 9,30%.

Le percentuali sopra riportate denotano una buona uniformità granulometrica dei terreni che porta a classificarli, sulla base delle Norme A.G.I., come delle ghiaie sabbiose debolmente limo argillose.

Per la valutazione del grado di permeabilità di questi terreni, da comparare con i risultati delle prove di permeabilità eseguite in sito (prove Le Franc), ci siamo avvalsi delle Tabelle 1 e 2 (Casagrande - Fadum - da Elementi di Geotecnica di Pietro Colombo), dove sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità (K) e del grado di permeabilità per i diversi tipi di terreni.

Tabella 1

k cm/sec	10 ²	10 ¹	1	10	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
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 ⁻¹
medio	10 ⁻¹ ÷ 10 ⁻³
basso	10 ⁻³ ÷ 10 ⁻⁵
molto basso	10 ⁻⁵ ÷ 10 ⁻⁷
impermeabile	minore di 10 ⁻⁷

Sulla base di quanto indicato in Tabella 1, le miscele di ghiaie e sabbie pulite possono avere dei coefficienti di permeabilità compresi tra 1 e 10⁻³ cm sec⁻¹ che corrispondono ad un grado di permeabilità medio alto.

Considerato che, nel nostro caso, le analisi granulometriche in esame hanno evidenziato la presenza di percentuali di fine (limi + argille) comprese tra 7% e 9% circa, che sicuramente riducono il grado di permeabilità di tali terreni, si ritiene che le permeabilità misurate nei fori di sondaggio, che variano da 10⁻³ cm sec⁻¹ (lago Incal) a 10⁻⁴ cm sec⁻¹ (laghi Azzurro e Santarini), sono sostanzialmente rappresentative dei fusi granulometrici rinvenuti.

- 10 - IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO:

10.1 Premesse:

In prossimità dell'angolo posto sul lato Sud del lago Azzurro, il progetto prevede la realizzazione dell'impianto di sollevamento.

Le opere edilizie principali, previste per la realizzazione dell'impianto, sono costituite dal manufatto di sollevamento (interrato) e da un edificio adibito a locale tecnico.

L'opera adibita al sollevamento è costituita da una struttura scatolare in c.a., interrata a - 13,0 m circa dal p.c. attuale, avente dimensioni esterne in pianta 23,60 m x 6,60 m.

Il locale tecnico è costituito da un edificio, avente dimensioni in pianta 16,0 m x 8,00 m.

10.2 Stratigrafia:

Come già evidenziato in precedenza, nell'area di interesse e nelle aree limitrofe si rinvencono i terreni alluvionali del Fiume Marecchia.

In zona, gli spessori di questi terreni sono ampiamente superiori alla prevista profondità di imposta del manufatto adibito al sollevamento (- 13.0 m circa).

In questa fase, non avendo a disposizione delle indagini puntuali (sondaggi a carotaggio continuo, prove spt, ecc.), la ricostruzione stratigrafica è stata eseguita sulla base dei terreni affioranti nella scarpata (ex. Fronte di scavo), che costituisce l'attuale sponda interna del lago Azzurro, che dista 20 m/30 m circa dalle opere in progetto.

Sulla base dei terreni affioranti lungo la scarpata, la stratigrafia risulta:

. dal p.c. a - 4.00 m ÷ - 5.00 m circa:

ghiaie sabbiose in forte matrice limosa argillosa (Strato - A -);

- da - 4.00 m ÷ - 5.00 m circa a - 13.0 m circa (base della scarpata - fondo lago):

ghiaie sabbiose debolmente limo argillose (Strato - B -).

N.B. Nei terreni del primo strato (Strato - A -) l'esistenza di una buona percentuale di frazione limosa argillosa, oltre ad essere ben visibile ad occhio nudo, è confermata dall'andamento subverticale della scarpata dovuto alla coesione che questa gli conferisce.

10.3 Indicazioni sui parametri geotecnici dei terreni:

Sulla base dei risultati di precedenti indagini, eseguite dal sottoscritto in zona, e dalla bibliografia geologica-tecnica esistente, ai terreni presenti è stato possibile attribuire i seguenti parametri geotecnici:

- ghiaie sabbiose in matrice fortemente limosa argillosa (Strato A):

. peso di volume naturale	$\gamma_n = 1.85 \div 1.95$	ton m ⁻³
parametri in valori efficaci		
. angolo di attrito	$\varphi' = 28^\circ \div 30^\circ$	
. coesione	$C' = 0.2 \div 0.3$	ton m ⁻²

- ghiaie e sabbie debolmente limo argillose (Strato B):

. peso di volume naturale	$\gamma_n = 1.85 \div 1.95$	ton m ⁻³
parametri in valori efficaci		
. angolo di attrito	$\varphi' = 32^\circ \div 35^\circ$	
. coesione	$C' = 0.0$	ton m ⁻²

I parametri geotecnici sopra indicati possono essere utilizzati per un primo dimensionamento di massima delle opere strutturali previste.

In tutti i casi comunque, prima di eseguire il progetto esecutivo, sarà necessario programmare ed eseguire un adeguato numero di indagini geognostiche puntuali, come prevedono le N.T.C. Vigenti

10.4 Livello della falda e sottospinte idrauliche:

Considerate le condizioni stratigrafiche, morfologiche e idrogeologiche locali, nei periodi invernali di massima piovosità la falda freatica superficiale può raggiungere il p.c. attuale.

Il manufatto di sollevamento, costituito da una struttura di tipo " scatolare " con platea al fondo e pareti sicuramente impermeabili, sarà sottoposta ad una sottopressione idraulica che, nella condizione di falda al p.c., vale 13,0 ton m⁻².

Esiste quindi la necessità di sottoporre la struttura alla verifica al galleggiamento.

Nel caso in cui il peso proprio della struttura non compensi la sottopressione idraulica, si dovrà pensare a delle fondazioni profonde su pali che dovranno essere progettate e verificate per azioni sia di compressione che di sfilamento.

A riguardo dell'impianto di sollevamento qui di seguito si allegano:

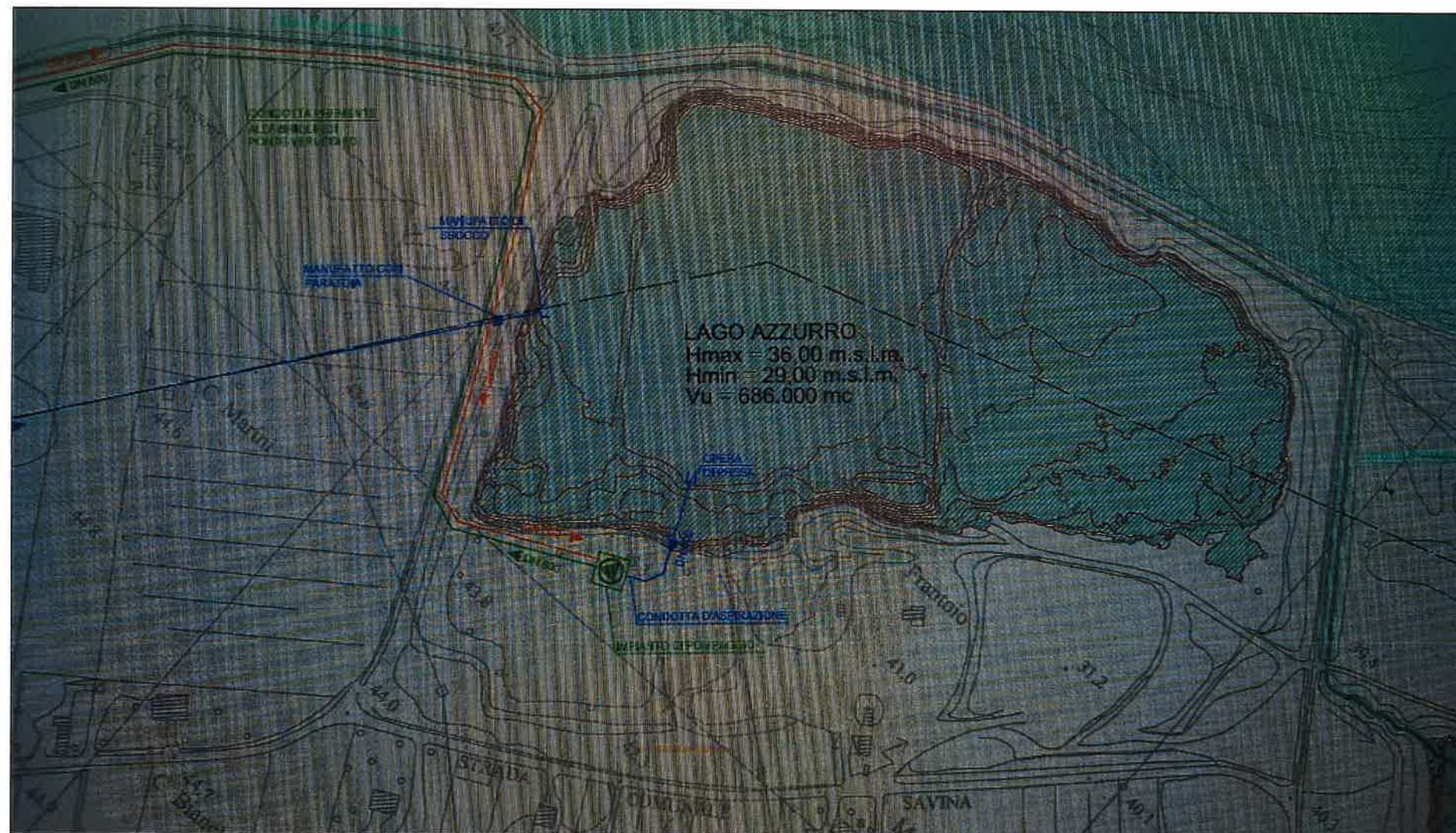
- in Fig. 3 la Planimetria con la posizione dell'impianto di sollevamento;
- in Fig.4 la pianta e la sezione di progetto A - A riguardanti l'impianto di sollevamento e il locale tecnico.

Dott. Geol. Eugenio Fiorini

Coriano lì, 20-01-2022

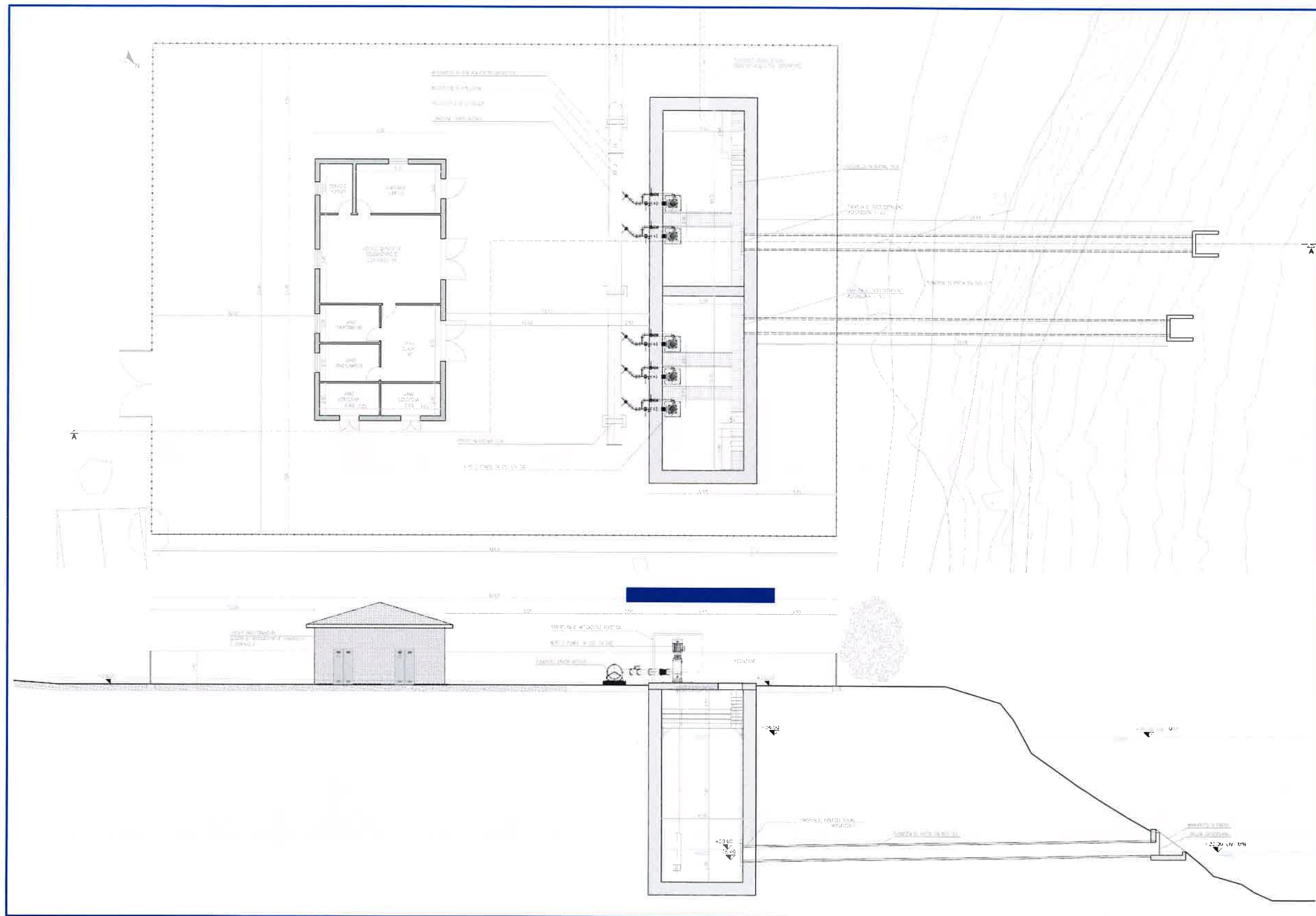
PLANIMETRIA CON POSIZIONE DELL'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

FIG.3



PIANTA E SEZIONE DI PROGETTO A - A RIGUARDANTI L'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO
E IL LOCALE TECNICO - SCALA 1:250 -

FIG.4



APPENDICE – A –

**STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI
CERTIFICATI ANALISI GRANULOMETRICHE**

Studio di Geologia Applicata
Via Giovagnoli 28c
47853 - Cariano (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				= S.P.T.				= da vane test		= a percussione		= indisturbato a pressione		= indisturbato rotativo	
Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE				Rivestim.to diam.mm/ prof.m	Carotiere diam.mm/ prof.m	Falda					
0.20	0.20		0.00	Limi argillosi ghiaiosi sabbiosi											
1			0.30												
2				Ghiaie sabbiose debolmente limo argillose											
4.89								127/5.0	101/5.2	4.1					
5	5.00														

Studio di Geologia Applicata

Via Giovagnoli 28c
47853 - Coriano (RN)
tel 0541-858170

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

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

Sigla: S.1 - Santarini

Scala 1:100

Legenda: S.P.T. da cone test a percussione indisturbato a pressione indisturbato rotativo							
Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Cam pi oni	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	

Studio di Geologia Applicata

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

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 colori: =rimaneggiato =S.P.T. =da vane test =a percussione =indisturbato a pressione =indisturbato rotativo

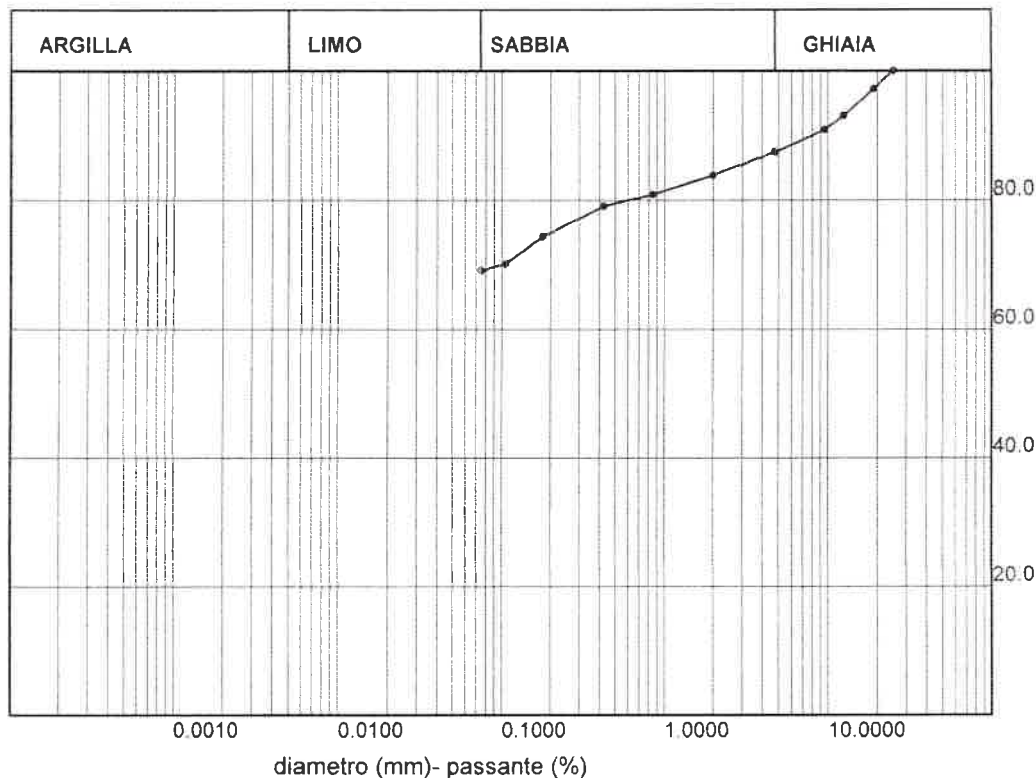
Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campi oni	DESCRIZIONE	Rivestim.to diam.mm/ prof.m	Carotiere diam.mm/ prof.m	Falda
	0.00						
	0.50						
	5.20			Ghiaie sabbiose debolmente limo argillose	127/5.2	101/5.2	12
	5.20						

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

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Fiorini Eugenio	DATA:	Dicembre 2021
LAVORO:	Progetto di recupero ai fini irrigui del LAGO INCAL	UBICAZIONE:	Lago INCAL 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)]^



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:

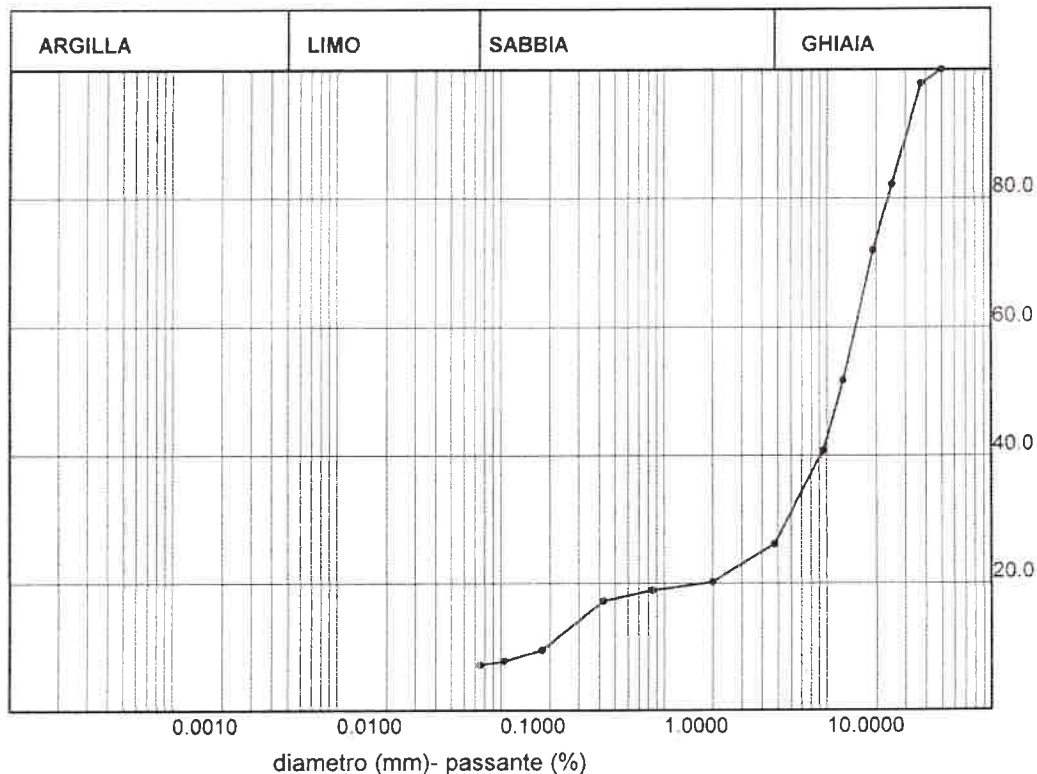
^Il campione è stato preparato mediante essiccazione in forno

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

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Fiorini Eugenio	DATA:	Dicembre 2021
LAVORO:	Progetto di recupero ai fini irrigui del LAGO INCAL	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 Massa trattenuto Passante

mm	g	%
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

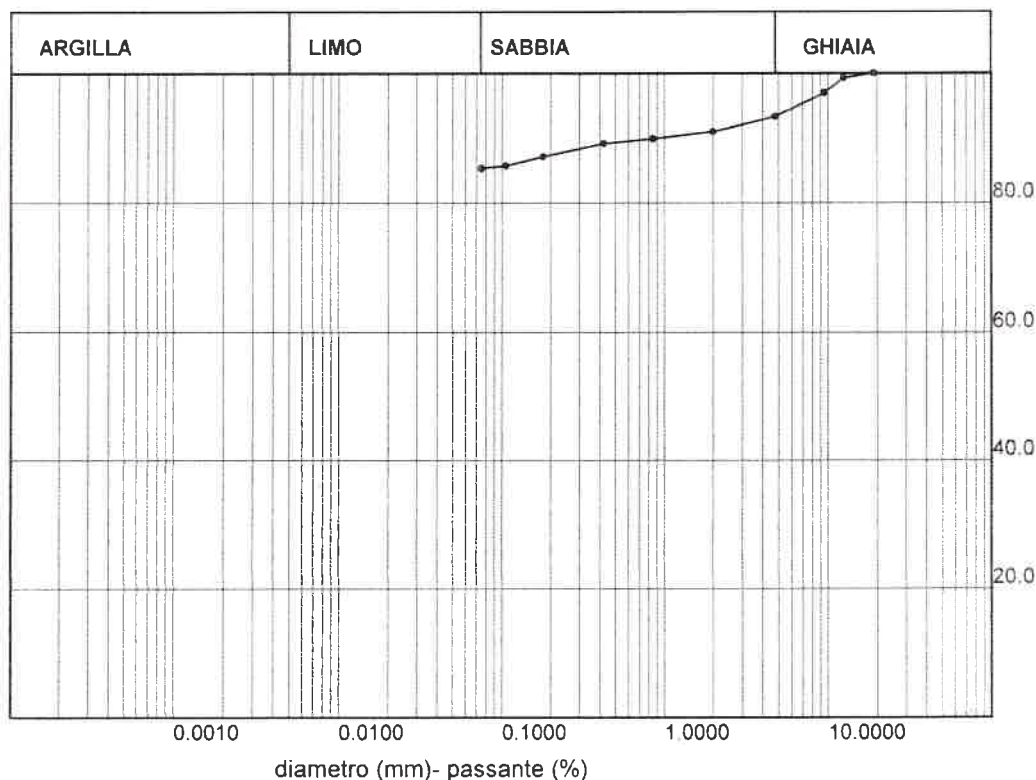
Lo Sperimentatore
Sanchi S

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

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Fiorini Eugenio	DATA:	Dicembre 2021
LAVORO:	Progetto di recupero ai fini irrigui del LAGO AZZURRO	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)][^]



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:

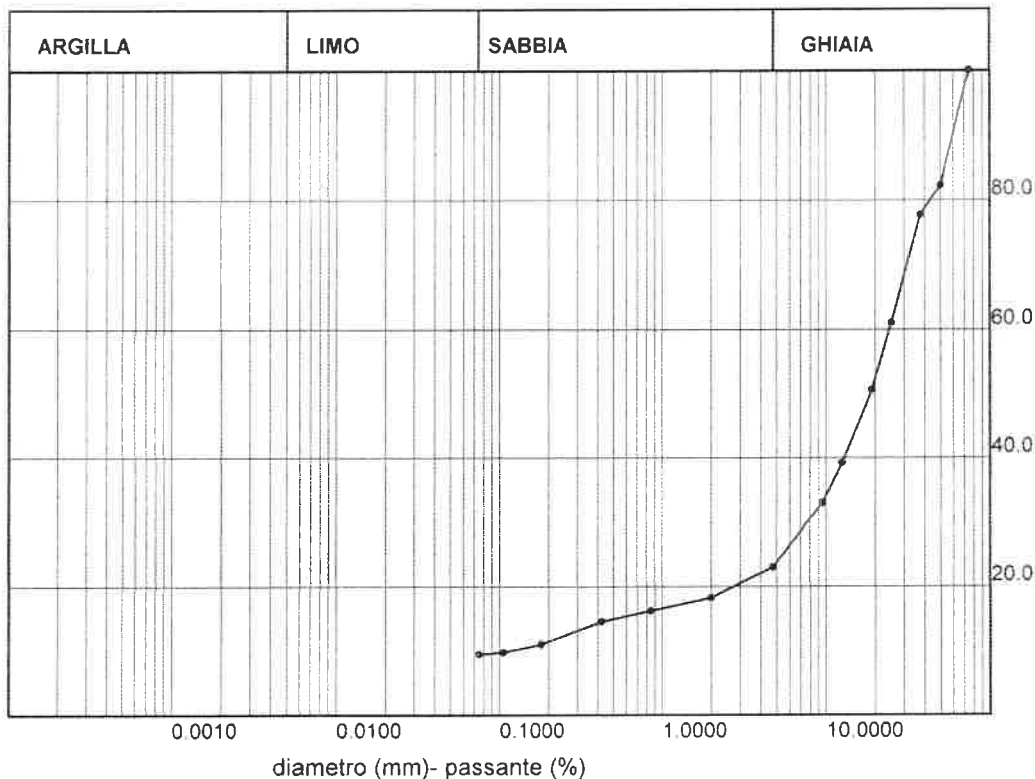
[^]Il campione è stato preparato mediante essiccazione in forno

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

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Fiorini Eugenio	DATA:	Dicembre 2021
LAVORO:	Progetto di recupero ai fini irrigui del LAGO AZZURRO	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	9.72
GHIAIA, %= 76.94		ASTM
SABBIA, %= 13.59		AGI
LIMO + ARGILLA, %= 9.47		9.33

Tipo di campione:

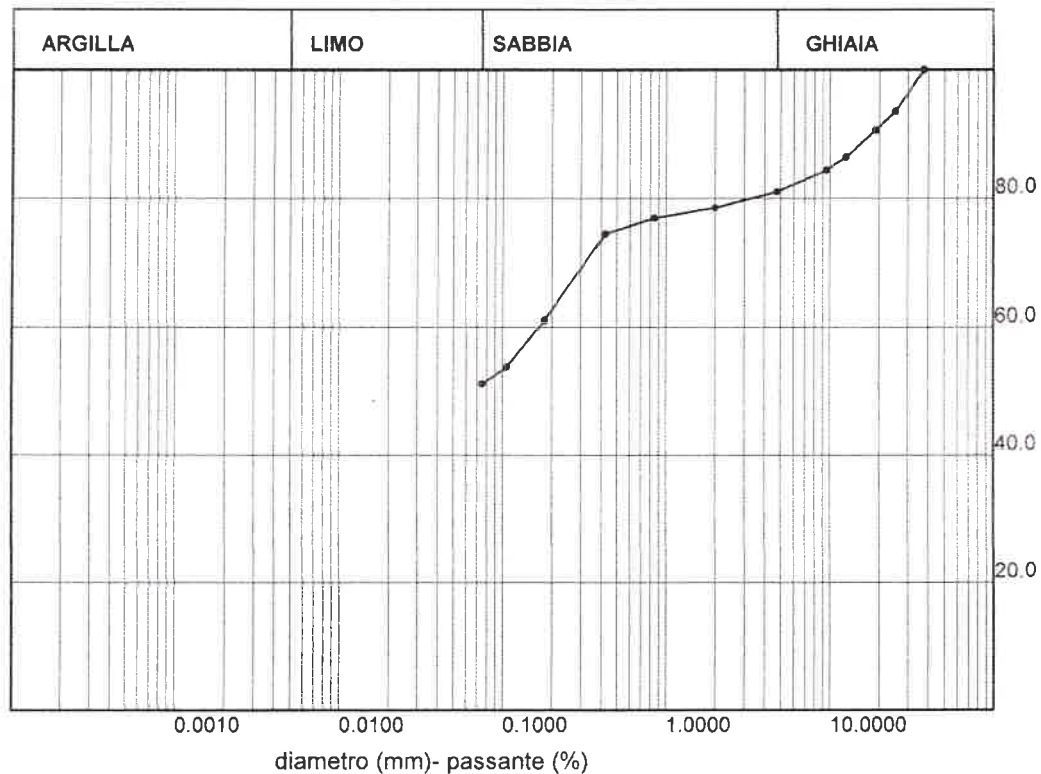
^Il campione è stato preparato mediante essiccazione in forno

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

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Fiorini Eugenio	DATA:	Dicembre 2021
LAVORO:	Progetto di recupero ai fini irrigui del LAGO SANTARINI	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

APPENDICE – B –

PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa - LAGO INCAL

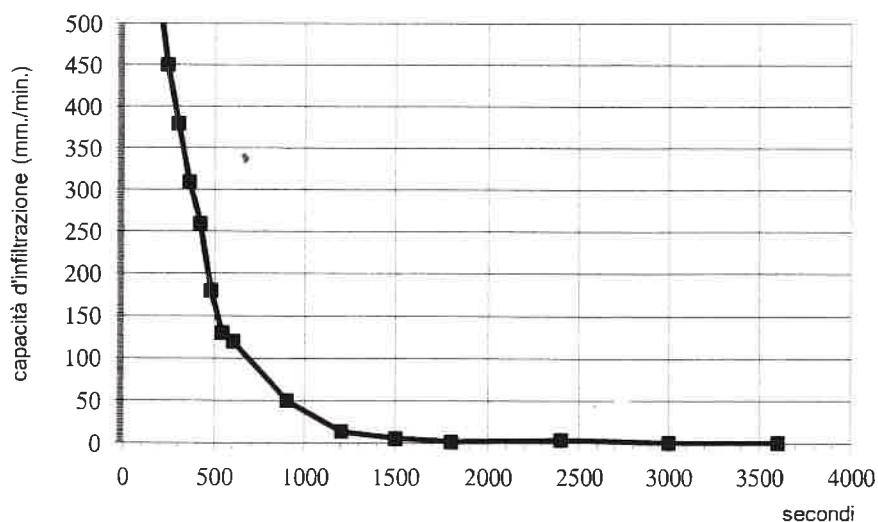
Prova n. 1

Sondaggio S 1

Profondità rivestimento: 4.15 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c.	livello acqua	intervallo	infiltrazione	capacità
sec	+450 mm p.c.	da bocca foro	tempo	mm.	infiltrazione
	mm	mm	sec.		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

Grafico infiltrazione



K=

1.42E-05

m/sec

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668 m²

C=L

0.5

L = tratto di prova

0.5 m

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

2.3 m

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

0.06 m

Livello Falda

4.1 m

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa - LAGO INCAL

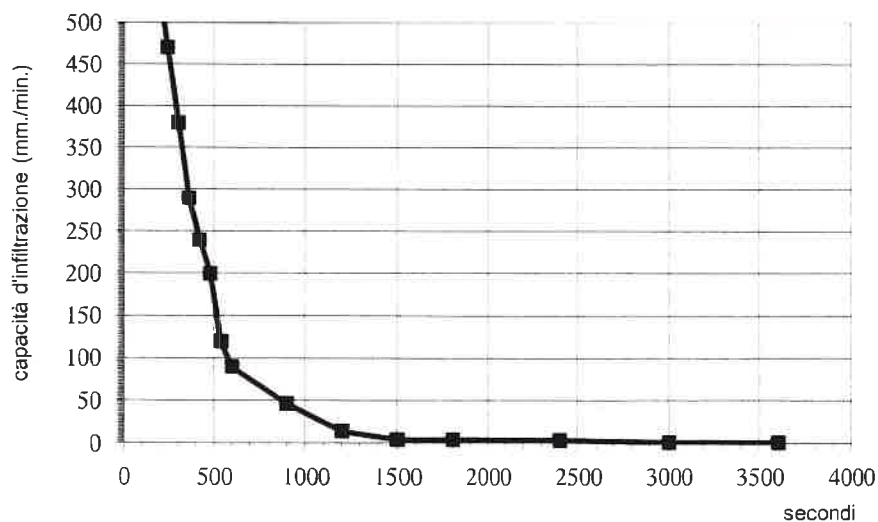
Prova n. 2

Sondaggio S 1

Profondità rivestimento: 4.15 mt da piano campagna

tempo sec	livello acqua da p.c. +450 mm p.c. mm	livello acqua da bocca foro mm	intervallo tempo sec	infiltrazione mm.	capacità infiltrazione 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

Grafico infiltrazione



K=

1.41E-05

m/sec

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668 m2

C=L

0.5

L = tratto di prova

0.5 m

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

2.23 m

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

0.06 m

Livello Falda

4.1 m

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa - LAGO AZZURRO

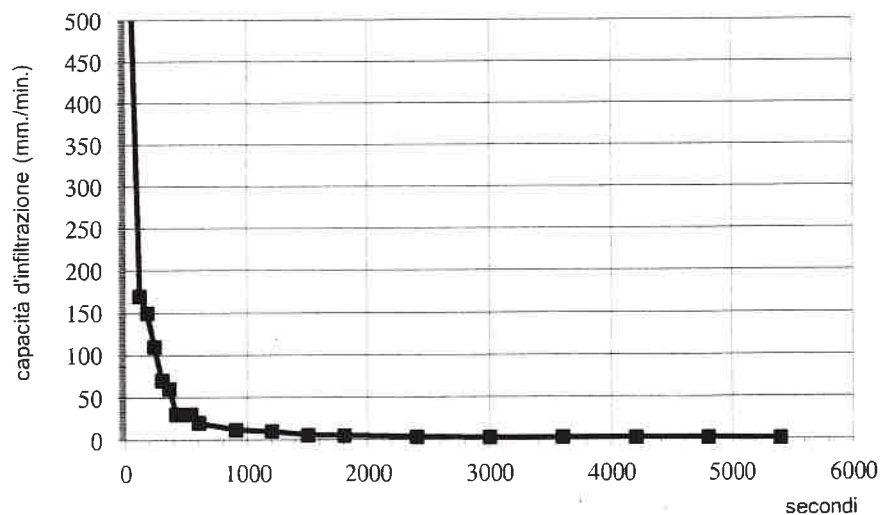
Prova n. 1

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



K=

1.68E-06

m/sec

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668 m²

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

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa - LAGO AZZURRO

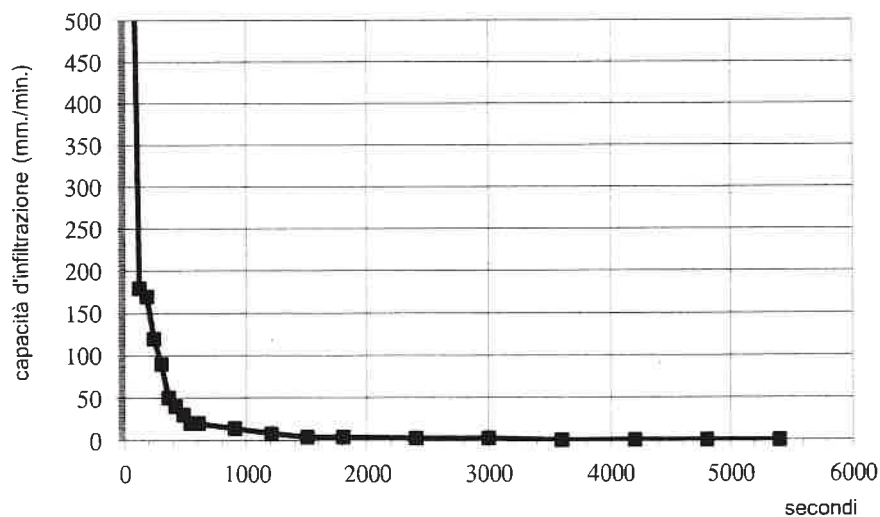
Prova n. 2

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



K=

1.76E-06

m/sec

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668 m²

C=L

0.5

L = tratto di prova

0.5 m

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

1.57 m

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

1 m

Livello Falda

2.9 m

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa - LAGO SANTARINI

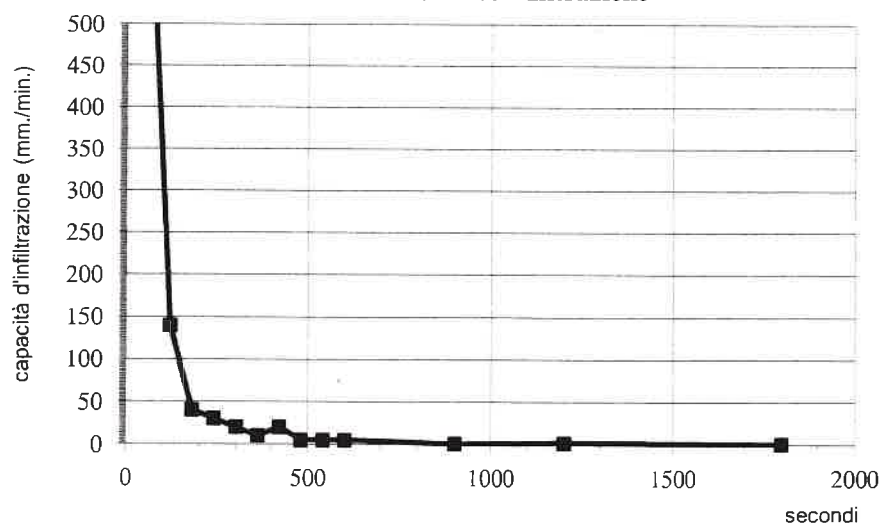
Prova n. 1

Sondaggio S 1

Profondità rivestimento: 7.50 mt da piano campagna

tempo	livello acqua da p.c.	livello acqua	intervallo	infiltrazione	capacità
sec	+800 mm p.c.	da bocca foro	tempo	mm.	infiltrazione
	mm	mm	sec.		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

Grafico infiltrazione



K=

1.11E-06
m/sec

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668 m²

C=L

0.5

L = tratto di prova

0.5 m

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

1.86 m

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

1.56 m

Livello Falda

4.2 m

Prova di permeabilità Lefranc _ discesa - LAGO SANTARINI

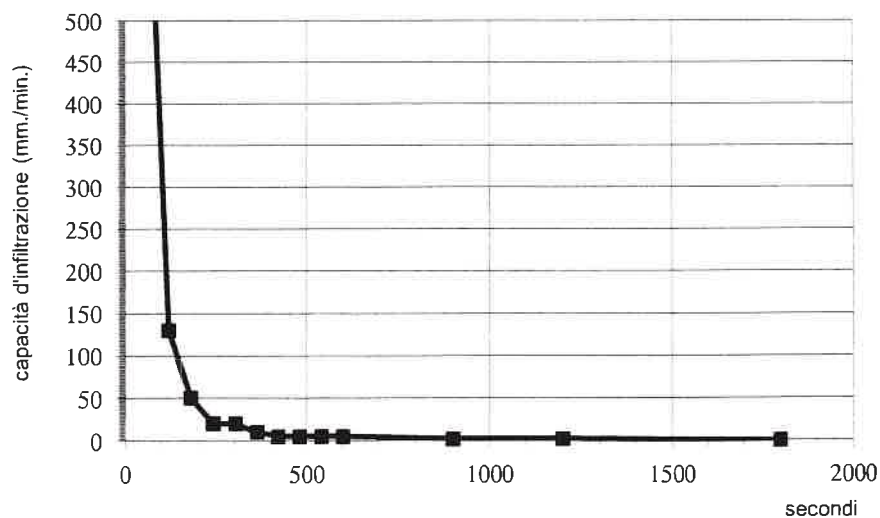
Prova n. 2

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

Grafico infiltrazione



K=

1.04E-06

m/sec

D = diametro del foro

0.127 m

Raggio

0.0635 m

Area

0.012668 m²

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