

FIUME CHERIO

AREA DI ESONDAZIONE CONTROLLATA DELLE PIENE DEL FIUME CHERIO DI MOLINO DEI FRATI NEI COMUNI DI TRESORE BALNEARIO E ZANDOBBIO (BG)

BG.E.22.M

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA
00	PRIMA EMISSIONE	febbraio 2018	HATTUSAS s.r.l.	
01				

RUP Dott. Ing. Marco La Veglia

ATI:

MANDATARIO

RAFFAELLO CATTANEO
architetto e paesaggista

24069 TRESORE B. (BG) - via S. Ambrogio, 11
tel. 035945310, fax 035945310
E-Mail: studio@architetturapaesaggio.it

Dott. Arch. RAFFAELLO CATTANEO

MANDANTI

ETATEC
STUDIO PAOLETTI
ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l.
SOCIETA' DI INGEGNERIA



20133 MILANO - via Bassini, 23
tel. 0226681264, fax 0226681553
E-Mail: etatec@etatec.it

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI
Dott. Ing. STEFANO CROCI



24126 BERGAMO - via Montale, 15
tel. 035312200
E-Mail: ydros@ydros.it

Dott. Ing. GIOVANNI PEZZUCCHI



Archeo Studi
Bergamo s.r.l.

24129 BERGAMO - via della Fara, 15
tel. 0352816562
E-Mail: archeostudibg@gmail.com

Dott. ssa MARIA GRAZIA VITALI



HATTUSAS
consulenze nel vasto campo
della geologia e dell'ambiente

24060 CASTELLI CALEPIO (BG) - via Roma, 37
tel. 0354425112
E-Mail: info@hattusas.it

Dott. Geol. FABIO MASSIMO PLEBANI
Dott. Geol. ANDREA GRITTI



ECOGEO s.r.l.
TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE



24122 BERGAMO - Via F.lli Calvi, 2
tel. 035271155
E-Mail: info@ecogeo.net

Dott. Geol. DIEGO MARSETTI

CONSULENTI

Dott. For. STEFANO ENFISSI
Dott. Arch. GIOVANNI MAZZA
Dott. Nat. GIAMBATTISTA RIVELLINI

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

1 PREMESSA

1.1 Informazioni preliminari

Il presente elaborato **descrive le indagini eseguite nelle aree di studio** con l'obiettivo di fornire un insieme di indicazioni di carattere geologico-tecnico, geomorfologico, idrogeologico e sismico, nonché il quadro territoriale di riferimento entro il quale esse si collocano, a supporto dello studio generale per la "Progettazione di Fattibilità Tecnico ed Economica relativa alle Aree di esondazione controllata delle piene del fiume Cherio di Molino dei Frati nei comuni di Trescore Balneario e Zandobbio".

Il quadro territoriale di riferimento viene descritto nelle linee generali, con lo scopo di collocare le opere e le indagini nel contesto locale; maggiori approfondimenti sono disponibili nelle sezioni appositamente dedicate nel presente studio.

In particolare, l'approfondimento geologico-tecnico, oltre ad aver preso in considerazione tutta la tratta di fiume che insiste sul territorio comunale di Trescore Balneario e Zandobbio, si è poi focalizzato, come tutto il lavoro interdisciplinare, su due macro aree (settore Nord e settore Sud), **eseguendo indagini dirette ed indirette** al fine di verificarne preliminarmente l'idoneità alla realizzazione di opere di controllo delle piene.

Il settore Nord (Loc. Calvarola- Via Macina) riguarda la tratta di alveo del fiume Cherio, ed il suo intorno, compreso tra la Strada Provinciale n.89 e la via Calvarola e limitata a Nord dal limite del territorio comunale di Entratico e a Sud dalla Via Macina: comprende le aree di laminazione golenale denominate "Calvarola" e "Brignoli" e le aree di espansione golenale denominate "Macina" e "Radici".

Il settore Sud (Ponte di Via Cherio – Loc. Molino dei Frati), invece, riguarda la tratta di alveo del fiume Cherio e della ampia pianura alluvionale circostante, posta a Sud del ponte di Via Cherio, dalla quale si accede al paese di Zandobbio (nei pressi delle Terme di Trescore), fino al confine comunale di Gorlago (località Molino dei Frati): comprende l'area di laminazione golenale denominata, appunto, "Molino dei Frati".

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

2 DESCRIZIONE DEL QUADRO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO

2.1 Cenni all'assetto geomorfologico locale

Le forme del paesaggio nell'ambito di stretto riferimento sono state modellate principalmente dal Fiume Cherio e dai suoi affluenti laterali, oggi di ben poca portata, mediante un'azione alternativamente erosiva e deposizionale di sedimenti che ha dato al territorio una connotazione prevalentemente alluvionale.

E' da segnalare, tuttavia, come importante fattore di condizionamento dell'evoluzione morfologica dell'area, la presenza, ai due lati della valle, di affioramenti rocciosi di particolare compattezza e resistenza all'erosione, che hanno costretto il Cherio ad aprirsi un corridoio piuttosto stretto, tra Entratico e Trescore, rispetto all'ampia sezione valliva a monte e, ormai nella pianura aperta, a valle della sezione Trescore – Zandobbio.

La dinamica geomorfologica degli ultimi millenni, dunque, ci ha consegnato un corridoio piuttosto stretto e una piana alluvionale limitata in corrispondenza del settore della Calvarola, e un repentino allontanarsi delle sponde e degli orli morfologici principali nel settore del Molino dei Frati, con un allargarsi della pianura alluvionale fino alla definitiva uscita dall'ambito vallivo "montano".

Alla chiusura del bacino l'effetto congiunto dei torrenti Malmera e Tadone hanno condizionato lo stesso percorso del Cherio; soprattutto il Tadone, forte per bacino, per sviluppo e portate, ha costretto il Cherio a spostarsi verso est, andando a lambire le pendici cretache della lunga dorsale collinare che chiude a sud la valle di Zandobbio.

Oltre alle morfologie pianeggianti, di rilevanza geomorfologica all'interno dell'area di progetto, sono dunque da segnalare, conseguenza delle azioni sopra ricordate, le forme terrazzate presenti sia in destra che in sinistra orografica al fiume Cherio (più visibili quelli lungo la sponda sinistra al margine della piana di Zandobbio, che mostrano maggior dislivello topografico tra l'attuale posizione dell'alveo e la posizione del centro abitato).

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

2.2 Inquadramento geologico

Da un punto di vista tettonico-strutturale, il territorio comunale di Trescore (e Zandobbio) si colloca nel settore denominato “Alpi Meridionali” e in particolare nel sub-settore più meridionale, dove sono presenti le prime propaggini del sistema Alpino Orobico denominato “Prealpi Orobiche”, caratterizzato da pieghe con asse est-ovest e faglie formato da unità geologiche prevalentemente di età Giurassica e Cretacica.

In relazione a quanto riportato sulla carta geologica, il substrato roccioso sedimentario, affiorante o subaffiorante sui versanti prospicienti l'area oggetto di studio, è rappresentato:

- dall'unità della “**Dolomia di Zandobbio**”, costituita da dolomie di colore grigio-nocciola, ricristallizzato, contenenti alla sommità filoni sedimentari con cavità e deformazioni sindeposizionali.

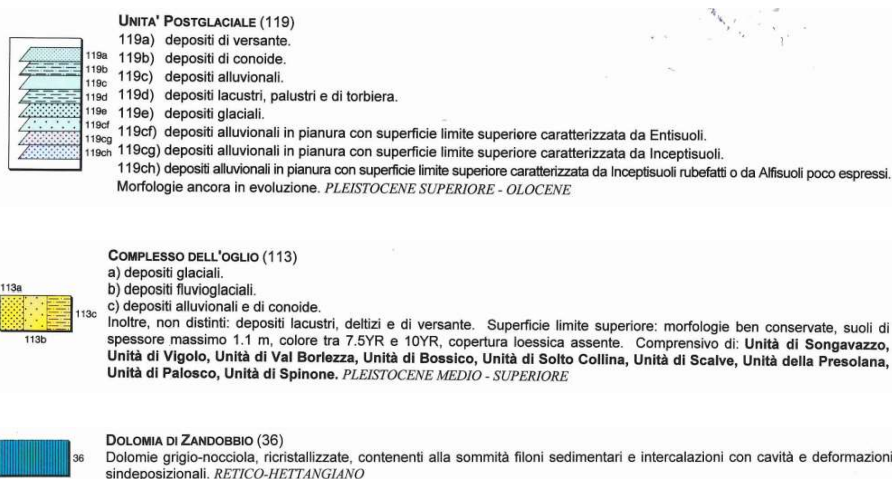
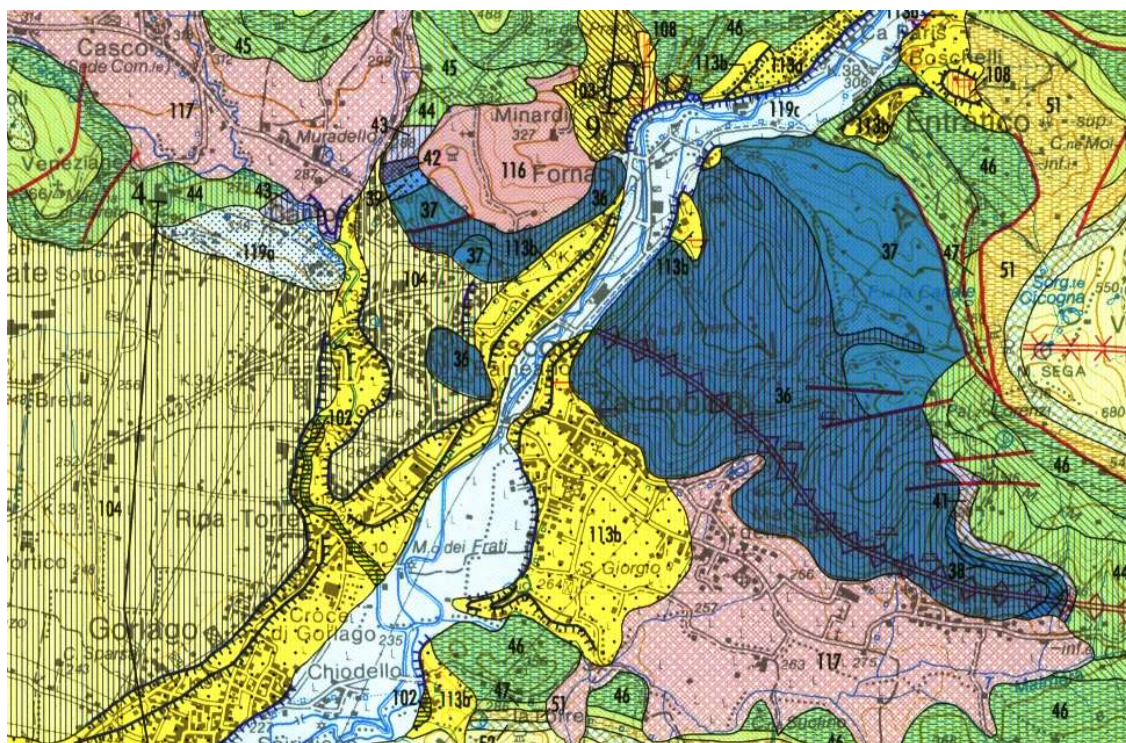
Il substrato roccioso sedimentario è presente solo nel settore Nord, in prevalenza sul versante orografico sinistro.

Nell'area pianeggiante a ridosso del Fiume Cherio dove maggiori sono le attenzioni per le previsioni di eventuali opere di laminazione e controllo delle piene, è presente il cosiddetto **Sintema del Po**, caratterizzato da depositi alluvionali di fondovalle, corrispondente all' “Unità postglaciale” della Carta geologica della Provincia di Bergamo, presa quale riferimento nello studio geologico del Comune di Trescore Balneario.

Come descritto nella relazione geologica di P.G.T. (Grimaldi, 2013) tale unità è *costituita principalmente da depositi fluviali costituiti da ghiaie a supporto clastico, con matrice da sabbiosa a sabbioso - argillosa; ciottoli poligenici, da arrotondati a subarrotondati, da centimetrici adecimetrici. Alla sommità è sistematicamente presente una copertura di limi argillosi, a rari clasti poligenici, centimetrici e millimetrici. Lo spessore della copertura varia tra 1,5 e 4,5 m. I depositi dell'Unità postglaciale formano il fondovalle attuale del F. Cherio. Essi incidono e terrazzano l'Unità di Spinone; solo in riva sinistra del fiume, tra Fornaci ed il dosso Castello, poggiano direttamente sul substrato dolomitico.*

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC studio progetti	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS servizi geologici e ambientali	 ECOGEO s.r.l. servizi geologici e ambientali	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

L'unità Postglaciale (Sintema del Po) risulta in effetti costituire i terreni di fondovalle anche nel tratto oggetto di approfondimento dello studio: da quanto è stato possibile osservare, sia direttamente sia dalle interpretazioni delle indagini condotte, in questo settore essa è caratterizzata, soprattutto nei livelli più superficiali, da terreni a granulometria prevalentemente a cui fanno seguito, in profondità, materiali via via più grossolani.



Stralcio della "Carta Geologica della Provincia di Bergamo" alla scala 1:50.000

Progettazione di Fattibilità Tecnico Economica – Area di esondazione controllata delle piene del fiume Cherio di Molino dei Frati nei comuni di Trescore Balneario e Zandobbio.
A.3.3 RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Nella fascia compresa tra la pianura alluvionale più recente e i versanti acclivi, ove il substrato roccioso risulta affiorante o subaffiorante, in corrispondenza delle forme terrazzate, sono presenti i depositi fluvio-glaciali ascrivibili al **“Complesso dell’Oglio” (113b)**, nel quale sono ricompresi il Supersintema di Palazzago, il Supersintema del Cherio e il Conglomerato di Torre Ripa, della nuova Carta Geologica d’Italia (CARG), Foglio 098 “Bergamo”.

Tale unità è formata da ghiaie a supporto clastico con matrice variabile da sabbiosa ad abbondante limo-argillosa. I ciottoli centimetrici o decimetrici (prevalentemente di natura carbonatica e subordinatamente di natura terrigena, cristallina o vulcanica) risultano mediamente arrotondati.

Tale unità risulta maggiormente presente nel settore sud, sia in sponda destra che in sponda sinistra del Fiume Cherio. Nel settore nord risulta maggiormente sviluppata, con una certa continuità, sulla sponda destra del fiume; in sinistra viene segnalata localmente solo all’interno delle conche vallive laterali.

2.3 Cenni di idrografia ed idrogeologia

2.3.1 Cenni di idrografia generale

Naturalmente l’asse idrografico principale del tratto di valle considerato è rappresentato dal fiume Cherio, oggetto specifico del presente lavoro, il cui percorso, come detto fortemente condizionato dalla geologia e dalla morfologia dei luoghi, ha subito, almeno nell’ultimo secolo, modifiche che, sebbene non ne abbiano complessivamente alterato il tracciato, hanno tuttavia progressivamente portato ad una forse eccessiva semplificazione delle originarie sinuosità.

La tavola cartografica allegata tenta di dare una visualizzazione, naturalmente semplificata, delle variazioni dell’alveo del fiume Cherio alle diverse soglie storiche rappresentate dalle cartografie ufficiali dell’Istituto Geografico Militare (IGM 1889, 1931 e

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

1954) e dalla Carta Tecnica Regionale (CTR 2015), confrontate con la Carta Asburgica del 1812, presa a base di riferimento.

Dall'esame delle suddette cartografie, si rileva che sostanzialmente fino al 1889 e in buona parte fino al 1931, l'assetto idrografico del Cherio è rimasto pressoché lo stesso; solo tra il 1902 e il 1913, la grande ansa ancora evidente nel 1889 nel settore a nord, in prossimità del ponte antico, venne fatta oggetto di una precoce opera di "raddrizzamento" del fiume, a cui seguirono, nei decenni successivi, localizzate azioni "minori" sulle sinuosità a valle, mantenendo poi pressoché immutata la situazione fino agli anni '70 del Novecento, quando vennero infine realizzate operazioni di rimodellamento complessivo e di ridisegno delle curve a monte del ponte di Zandobbio, anche a seguito di importanti eventi alluvionali.

Il tratto inferiore sembra aver conservato per un tempo più lungo l'assetto primitivo dell'alveo, almeno fino agli anni '70 del Novecento, anni in cui il Cherio anche in questo tratto è stato oggetto di importanti trasformazioni e da una complessiva semplificazione del tracciato: di tali opere si ha preziosa testimonianza nelle foto aeree del 1975 (GeoPortale Regione Lombardia) in cui si notano i lavori in corso.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



Ortofoto 1975 (GeoPortale Regione Lombardia)

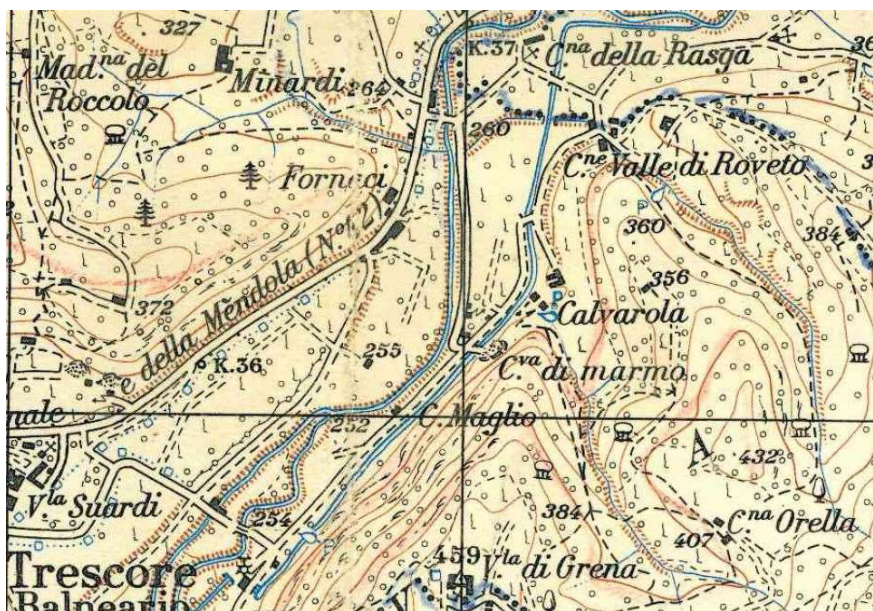
Tra le piene che hanno interessato il Cherio, viene ricordata la “piena eccezionale nel luglio 1932” che “interessò le campagne nel tratto tra il lago di Endine e la strada provinciale Bergamo-Sarnico, sommergendo anche gli abitati di Gorlago e Carobbio degli Angeli”, nonché “la piena del settembre 1979, con esondazioni in più punti nella tratta tra Luzzana e lo sbocco del fiume in pianura, alla Croce di Gorlago, appena a valle della confluenza del torrente Tadone” (Consorzio di Bonifica Media Pianura Bergamasca, *Le acque della Bergamasca*, 2001). Più recentemente, fenomeni di piena si sono succeduti anche frequentemente, fino all’evento dell’estate 2016, con esondazioni e danni fino a Grolago.

Il fiume Cherio riceve, a monte della stretta morfologica della Calvarola, il contributo di alcune valli laterali, in destra e sinistra idrografica, di non grandi estensioni, quanto a bacino sotteso, e di limitate portate, comunque significative se valutate nel loro complesso.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

In destra idrografica si segnala il complesso **sistema idrografico di Fornaci-Minardi**, che incide anche profondamente e drena l'ampia concavità di Cascina Minardi, la cui morfologia è stata condizionata dall'azione glaciale e dalla profonda alterazione dei depositi, con una forte prevalenza di materiali terrigeni a granulometria fine: il ventaglio di valli che scendono dalle pendici del Mirabile e della Costa del Colle convergono tutte sul tratto di Cherio a monte dell'antico ponte in loc. Tiro a Segno, nello spazio di poche centinaia di metri.

In sinistra idrografica, la **Valle Roveto**, avente bacino limitato e in condizioni normali povera d'acque, confluiva nel Cherio in corrispondenza della grande ansa ormai da tempo scomparsa (probabilmente tra il 1902 e il 1913) di cui si è detto. A testimonianza della posizione e dell'andamento dell'antica ansa del Cherio rimase un canale, ancora ben disegnato sulla carta IGM del 1931, in corrispondenza del quale si attestava la valle di Roveto e per qualche breve tratto forse ancora oggi riconoscibile alle spalle degli insediamenti sorti allo sbocco di via Val Roveto e comunque non più presente nelle successive cartografie. La Val Roveto confluisce nel Cherio mediante un tratto, già presente nel 1954, oggi interamente tombinato al di sotto di fabbricati e piazzali a destinazione commerciale e produttiva.



IGM 1954 zona Calvarola

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PROGETTI	ydros ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS ISTITUTO ITALIANO DI STUDI E PROGETTI NELLA GEOLOGIA E DELL'AMBIENTE	ECOGEO s.r.l. INGEGNERIA AMBIENTALE E TERRITORIALE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

Anche la piccola **valle di Calvarola** non ha un vero e proprio recapito nel fiume Cherio: solo sulla cartografia IGM del 1889 pare che essa confluisca direttamente in un canale non più riconoscibile nelle successive rappresentazioni cartografiche, parallelo al corso del Cherio, al tempo caratterizzato da un andamento ancora marcatamente sinuoso. Oggi la valle Calvarola non ha un recapito in reticolo idrografico organizzato chiaramente definibile.



IGM 1889 loc. Calvarola

Nel tratto oltre la loc. Calvarola, dove la valle si stringe a causa della presenza dei rilievi rocciosi di Grena, del Colle e del Castello di Niardo, il reticolo idrografico non vede più la presenza di corsi d'acqua naturali, ma piuttosto il tracciato di due canali di origine artificiale, ormai desueti e per lunghi tratti quasi irriconoscibili, utilizzati soprattutto per il funzionamento di opifici, magli e mulini e, in epoca più recente, piccole centrali elettriche.

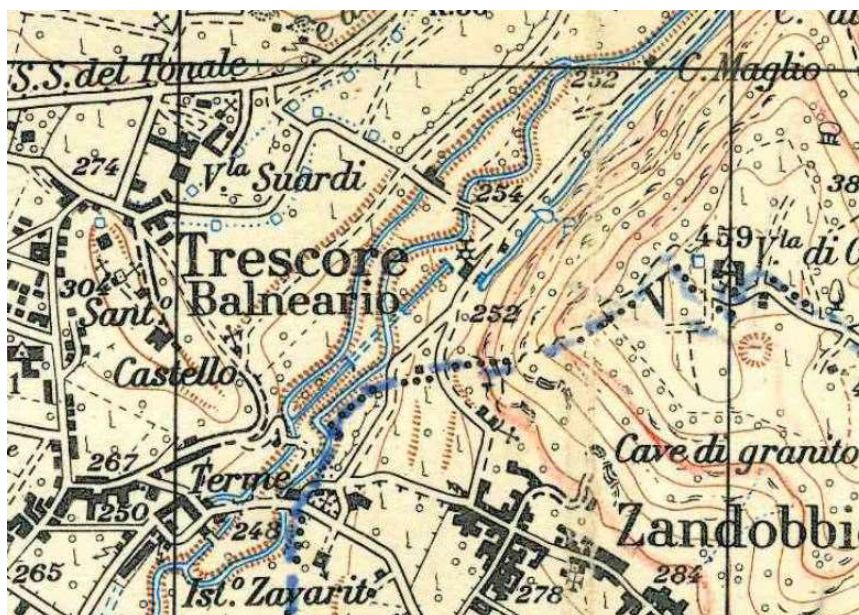
Il più antico, in destra idrografica, ancora in parte su brevi tratti riconoscibile, aveva origine sulla sponda esterna dell'ansa fluviale a monte dell'attuale ponte di via Calvarola, dirigendosi poi verso le Terme e ritornando al fiume poco a valle di esse; oggi, in occasione di piene particolarmente significative, il canale, o quanto di esso rimane, viene ancora

A.T.P.						Consulenti		
						Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

parzialmente riattivato provocando l'allagamento delle aree più depresse al margine della SS42.

Un secondo canale, in sinistra idrografica, più lungo e più recente, sebbene almeno in parte ricavato su tratti di precedenti canali d'adduzione a magli e molini antiche, anch'esso ormai abbandonato, veniva derivato dal Cherio in territorio di Entratico e seguiva per lungo tratto a monte la via Calvarola, alimentando una piccola centrale di produzione elettrica, ancora oggi esistente, ma come sola centrale di trasformazione, contribuendo almeno in parte e per un tratto limitato a laminare le piene.

Tali canali sono stati riconosciuti come appartenenti al reticolo idrico minore del Comune di Trescore Balneario (Grimaldi, 2009), ma senza il vincolo delle fasce di rispetto in quanto non più completamente rintracciabili e non più riconducibili alle originarie funzioni idrauliche.



IGM 1954

Solo al confine meridionale dell'area di studio, il Cherio nuovamente riceve il contributo di immissari naturali, entrambi confluenti a poche centinaia di metri l'uno dall'altro ed entrambi molto significativi sia per ampiezza dei rispettivi bacini idrografici, sia per portate, sia per intensità di urbanizzazione.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

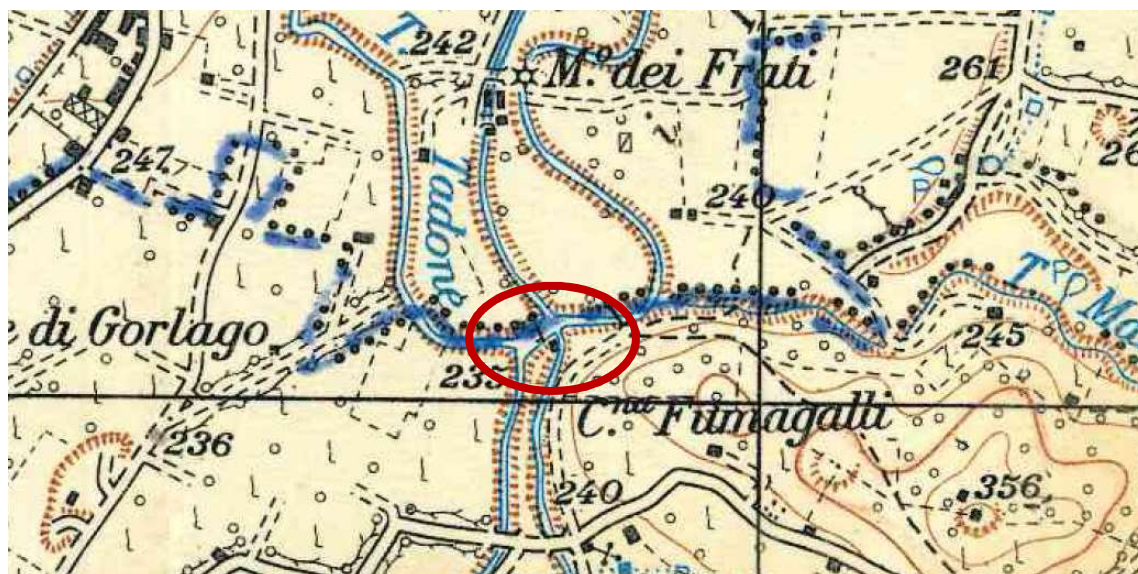
In sinistra idrografica il **torrente Malmera** incide il lembo meridionale dell'ampio terrazzo morfologico di Zandobbio e della Selva, seguendo con accentuata sinuosità le pendici dei versanti collinari che culminano nel Monte dell'Ingannolo, per sfociare infine nella piana alluvionale del Cherio, e nel fiume stesso, poco lontano dal Molino dei Frati.

Poco oltre il Malmera, confluisce nel Cherio infine il **torrente Tadone**, il principale tra gli affluenti nella sezione di valle considerata, con una estesa ed importante rete idrografica ed un bacino che si estende fino alla vetta del Monte Misma e al crinale di spartiacque con la valle Seriana, notevole per portate e per dinamica idrologica, oltre che per attraversare, lungo il suo percorso, aree ormai ampiamente urbanizzate.

Sulla piana alluvionale a sud del ponte di Zandobbio, ampia ed ancora in gran parte a destinazione agricola, nel settore di competenza del Comune di Zandobbio, viene riconosciuto – come tale considerato a pieno titolo appartenente al reticolo idrico minore – un **piccolo corso d'acqua** che prende origine da alcune scaturigini alla base del terrazzo morfologico di Zandobbio, a monte delle vecchie terme: si tratta di acque mineralizzate che scorrono in un rivo piccolo, ma ben segnato, ancora a fondo naturale tranne che per brevi tratti intubati in corrispondenza di aree urbanizzate, che arriva a lambire la base del pendio del terrazzo principale di Zandobbio, aggirandolo a nord per poi confluire nel Cherio. Tratti di antichi percorsi di corsi d'acqua di origine locale sono ancora ricordati, più che dalle evidenze di terreno o da residue funzioni idrauliche, dalle mappe catastali e dalle vecchie carte topografiche.

Si segnala, infine, al di fuori tuttavia dell'area di studio, tra le confluenze del Malmera e del Tadone, l'opera di presa della **roggia denominata "Bolgara"**, in gestione al Consorzio della Media Pianura Bergamasca, che porta le proprie acque all'estremo confine orientale della provincia.

A.T.P.						Consulenti		
						Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



IGM 1954 settore presa roggia Bolgara

2.3.2 Inquadramento idrogeologico

Per quanto riguarda il contesto idrogeologico generale (che viene descritto più specificatamente e dettagliatamente nell'elaborato A.3.2) si fa qui riferimento alla "Carta idrologica e idrogeologica" dello studio geologico di supporto al P.G.T. del Comune di Trescore Balneario (Grimaldi, 2013), secondo cui, sulla base dei litotipi presenti nell'area di progetto e descritti nel paragrafo precedente, l'area oggetto di studio può essere suddivisa in tre unità idrogeologiche distinte:

- **Complesso dei depositi ghiaiosi (Depositi alluvionali)** costituiti da ghiaie grossolane mediamente alternate in matrice limoso argillosa. Acquifero di tipo libero con soggiacenza inferiore a 35 m, contenuto in depositi grossolani ad elevata permeabilità e protetto in superficie da un orizzonte limoso sommitale di debole spessore (da 1 a 4 m) appartenente all'unità delle ghiaie grossolane mediamente alterate con ciottoli, in matrice limoso argillosa. A tale complesso è attribuito un grado di vulnerabilità elevato.
- **Complesso dei depositi limosi (Depositi Fluvioglaciali)**. Acquifero di tipo libero con soggiacenza inferiore a 35 m, contenuto in depositi grossolani ad elevata

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

permeabilità e protetto in superficie da depositi limoso - argillosi di spessore significativo (oltre 5 m) appartenenti all'unità dei limi e limi argillosi con rari clasti sparsi, caratterizzati da elevato grado di alterazione. A tale complesso è attribuito un grado di vulnerabilità medio.

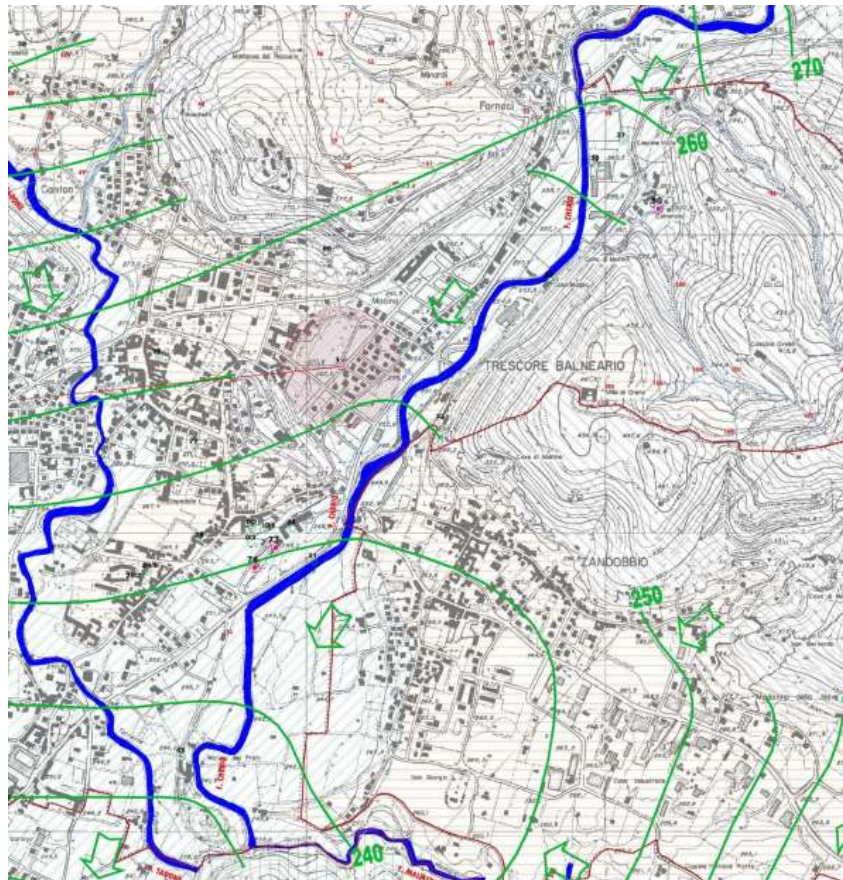
- **Complesso Carbonatico (Dolomia di Zandobbio).** Idrostruttura caratterizzata da permeabilità secondaria per fratturazione e carsismo, sede di falde idriche che alimentano emergenze sorgentizie a diversa quota (utilizzate anche a scopo potabile) e, per travaso, l'acquifero contenuto nei depositi sciolti quaternari. La zona di alimentazione si situa in corrispondenza delle unità dei calcari, calcari marnosi, calcari selciferi e dolomitici stratificati e a banchi, localmente carsificati. A tale complesso è attribuito un grado di vulnerabilità alto.

Facendo riferimento anche all'assetto geologico territoriale, si può affermare che la gran parte dei terreni potenzialmente interessati dalle opere di laminazione e mitigazione del rischio lungo il fiume Cherio ricadono all'interno del "Complesso dei depositi ghiaiosi (depositi alluvionali)", la cui descrizione peraltro trova riscontro con gli esiti e le interpretazioni delle indagini eseguite nell'area di riferimento, come descritto di seguito.

Relativamente alla falda e alla sua profondità, a scala territoriale, come illustrato nella citata "Carta idrologica ed idrogeologica" di P.G.T. (Grimaldi, 2013), che rappresenta le isofreatiche, nell'area oggetto di studio è presente un acquifero superficiale con flusso preferenziale in direzione NNE-SSO con un gradiente idraulico indicativo di ~20÷25‰.

In particolare, lungo il fiume Cherio si osservano zone con bassa soggiacenza della superficie piezometrica (circa 2,5 ms.l.m.), in falda libera e non sospesa come evidenziato dalle tipologie di pozzi presenti, i quali raggiungono profondità molto limitate, che possono condizionare l'entità degli scavi previsti nelle aree di laminazione e/o espansione golenale, cautelativamente non superiori a – 2 m dal p.c. nel settore nord.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



GRADO DI VULNERABILITA'						COMPLESSI IDROGEOLOGICI	CARATTERISTICHE DEGLI ACQUIFERI
EE	E	A	M	B	BB		
						COMPLESSO DEI DEPOSITI GHIAIOSI Ghiaie grossolane con ciottoli mediamente alterate in matrice limoso argillosa	Acquifero di tipo libero con soggiacenza inferiore a 35 m, contenuto in depositi grossolani ad elevata permeabilità e protetto in superficie da un orizzonte limoso sommitale di debole spessore (1 - 4 m).
						COMPLESSO DEI DEPOSITI LIMOSI Limi e limi argillosi con rari clasti sparsi, caratterizzati da elevato grado di alterazione.	Acquifero di tipo libero con soggiacenza inferiore a 35 m, contenuto in depositi grossolani ad elevata permeabilità e protetto in superficie da depositi limoso argillosi di spessore significativo (oltre 5 m).
						COMPLESSO CARBONATICO Calcarei, calcari mamosi, calcari selciferi e dolomitici stratificati e a banchi, localmente carsificati.	Idrostruttura caratterizzata da permeabilità secondaria per fratturazione e carsismo, sede di falde idriche che alimentano emergenze sorgenti a diversa quota (utilizzate anche a scopo potabile). L'idrostruttura alimenta inoltre l'acquifero contenuto nei depositi sciolti quaternari.
						COMPLESSO TERRIGENO Sequenze pelliche prevalenti alternate a banchi mamosi arenacei di spessore anche metrico.	Rete acquifera assente o poco sviluppata per la ridotta permeabilità primaria e secondaria delle litologie compresse.

EE:estremamente elevato E:elevato A:alto M:medio B:basso BB:molto basso

Stralcio della "Carta idrologica ed idrogeologica" di P.G.T. (Grimaldi, 2013). Cerchiata in viola l'area di intervento.

Per completezza d'informazione, è da dire che il settore meridionale dell'area di studio è ben descritto anche nell'analoga carta idrogeologica dello studio geologico del Comune di Zandobbio (Locati, 2009), nella quale vengono rappresentate le aree di rispetto dei pozzi

Progettazione di Fattibilità Tecnico Economica – Area di esondazione controllata delle piene del fiume Cherio di Molino dei Frati nei comuni di Trescore Balneario e Zandobbio.
A.3.3 RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

termali sia su Zandobbio che su Trescore, oltre che il perimetro dell'area di concessione mineraria "Terme Riunite di Trescore Balneario e Zandobbio srl (DM 30/3/1940)", con linea tratteggiata e forma romboidale.

Per gli scopi del presente lavoro, è stata ridisegnata una carta idrogeologica, evidentemente generica e sommaria in considerazione del breve periodo di monitoraggio, basata sostanzialmente sulle indagini eseguite nell'ultimo scorcio del 2017 e sulle rilevazioni della profondità della falda nei fori di n. 3 prove penetrometriche, nel pozzo della ex Trescore Scavi, integrate con i dati di pozzi ed indagini disponibili.

Alcune sorgenti sono presenti alla base del massiccio roccioso di Grena, fornendo un significativo contributo all'alimentazione della falda acquifera nella sottostante piana alluvionale: il loro bacino di alimentazione può in questo caso essere riferito alla attitudine del calcare dolomitico ad essere interessato da profondi e diffusi fenomeni carsici. Anche nel quadrante meridionale, numerose venute d'acqua sono presenti alla base del terrazzo morfologico di Zandobbio.

Il disegno delle isofreatiche viene anch'esso considerato come primo riferimento, basato sui dati disponibili ed oggetto necessariamente di successive analisi e maggiori specificazioni, in quanto il confronto tra le basi documentarie di riferimento (gli studi geologici comunali) hanno rilevato sostanziali ed ineliminabili incongruenze tra gli stessi.

La redazione della carta idrogeologica, dunque, si è basata sulle seguenti informazioni:

- lettura diretta della profondità falda nei piezometri nelle prove penetrometriche Pz-01, Pz-03 e Pz-04;
- interpretazione delle stratigrafie geoelettriche originali GE-01, GE-02, GE-03 e GE-04;
- lettura diretta della profondità della falda nel pozzo ex Trescore Scavi in via Calvarola;
- dato della profondità della falda in pozzo STEA in via Calvarola (fonte: Provincia di Bergamo);
- dato della profondità della falda in pozzo SG_D5 (fonte: studio geologico Comune

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PROGETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS servizi geologici e ambientali	 ECOGEO s.r.l. servizi geologici e ambientali	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

di Zandobbio);

- dato della profondità della falda da indagini eseguite dai sottoscritti in Comune di Trescore (IG2011);
- confronto con isofreatiche da studi geologici comunali.

Settore Nord – Monitoraggio piezometrico in prove penetrometriche

Numero prova	Ubicazione	Profondità piezometro(m)	Data misura	Prof. falda (m)	Quota assoluta falda indicativa (m s.l.m.)
P-01 (Pz) 257m s.l.m.	Dante Brignoli Granulati S.r.l. -Sud	2,67	07/10/2017	2,58	254
			18/10/2017	2,65	
			14/11/2017	2,65	
P-03 (Pz) 253m s.l.m.	via Calvarola	1,18	07/10/2017	3,96	294
			18/10/2017	N.R.	
			14/11/2017	N.R.	

Settore Nord – Interpretazione stendimenti geoelettrici

sigla	Ubicazione	Data misura	Stima prof. falda (m)
GE-01	Dante Brignoli Granulati S.r.l. -Sud	06/10/2017	2,50ca.
GE-04	via Calvarolaex Trescore Scavi	20/11/2017	2,50ca.

Nell'area di riferimento nel **settore nord** è risultato utile e significativo il dato ricavato dalla lettura della stratigrafia e dalle misurazioni della profondità della falda in corrispondenza del **pozzo “ex Trescore Scavi”**, in sinistra idrografica.

A.T.P.						Consulenti		
						Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

Dalla scheda descrittiva disponibile sul sito web della Provincia di Bergamo (Siter@), come peraltro verificato in sito, risulta che il pozzo “ex Trescore Scavi” giunge ad una profondità massima di circa 6,5 m, con un diametro di 0,60 m: il livello statico è indicato in circa – 2 m dal p.c. e il livello dinamico è posto a – 5 m dal p.c..

Alcune misure ripetute tra dicembre 2017 e gennaio 2018, in un periodo peraltro caratterizzato da scarse precipitazioni e da bassi livelli del fiume Cherio, la profondità della falda è stata misurata dai sottoscritti in **circa – 2,50 m dal p.c..**

id pratica BG0116311994 Codice faldone 2491 n. captazione 1
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune TRESORE BALNEARIO Località Foglio 10 Mappale 3889
 Tipo pratica In sanatoria Stato pratica Rinunciata e/o dismessa
 Data domanda 4/7/1994 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,3	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
TRESCORE SCAVI S.R.L.	VIA GRAMSCI 131	TRESCORE BALNEARIO	BG

Informazioni colonna

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	6,5	60	0	0	0

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1	150	150	Terreno vegetale
2	150	500	Ghiaie

Note prelievo L.S.= -2,00 m; L.D.= -5,00 m

Chiudi questa finestra

descrizione pozzo ex Trescore Scavi (fonte: Siter@, Provincia di Bergamo)

Sempre dal sito web della Provincia di Bergamo è stato acquisito il dato della profondità della falda (circa – 3 m dal p.c.) in corrispondenza del cosiddetto “**pozzo STEA**”, in sinistra idrografica, per il quale non è stato possibile procedere ad una misura più aggiornata.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

id pratica BG03178912011 Codice faldone 063/11 n. captazione 1
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune TRESORE BALNEARIO Località CALVAROLA Foglio 10 Mappale 3353
 Tipo pratica Nuova Stato pratica Attiva
 Data domanda 24/5/2011 Inizio concessione 12/4/2013 Fine concessione 12/4/2043

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
11	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
STEA S.N.C. DI FINAZZI ALBERTO, FABRIZIO & C.	LOCALITA' CALVAROLA 114	TRESORE BALNEARIO	BG

Informazioni colonna

n. colonna	Profondità (m del p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	11	20	1	9	11

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		200	Terreno vegetale
2	200	50	Conglomerato
3	250	200	Sabbia - ghiaia - ciottoli
4	450	150	Trovanti
5	600	150	Sabbia - ghiaia - ciottoli
6	750	100	Argilla - ciottoli
7	850	100	Sabbia - ghiaia
8	950	150	Ghiaia - borlanti

Note prelievo L.D.=-3,00 m

Chiudi questa finestra

descrizione pozzo STEA (fonte: Siter@, Provincia di Bergamo)

Infine, in alcune prove penetrometriche eseguite dai sottoscritti nel 2011 in un cantiere a monte di via Gramsci (SS42), la profondità della falda è stata misurata in circa – 2,8 m dal p.c..

Tale indicazioni sono da ritenersi indicative in quanto relative a misure disponibili in bibliografia o comunque ad un periodo di monitoraggio complessivamente limitato e caratterizzato da condizioni climatiche tutto sommato favorevoli e livelli del Cherio permanentemente bassi: dovranno dunque essere riverificate in condizioni più sfavorevoli e su periodi più lunghi.

Tali considerazioni valgono anche per il settore meridionale di studio.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Settore Sud – Monitoraggio piezometrico

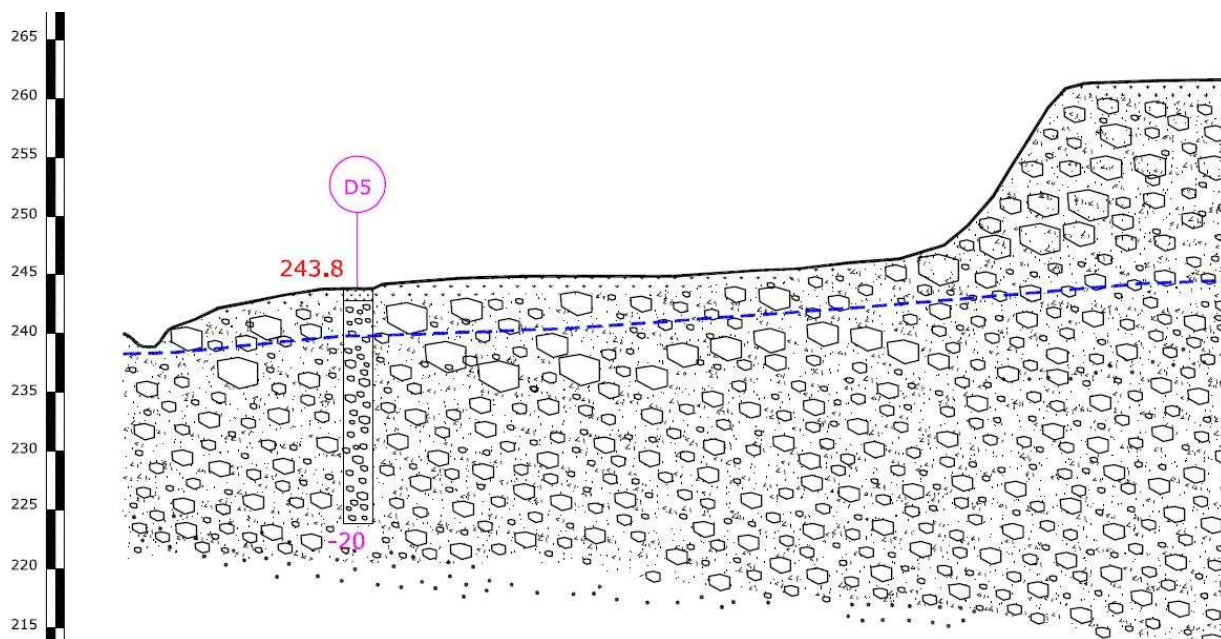
Numero prova	Ubicazione	Profondità piezometro(m)	Data misura	Prof. falda (m)	Quota assoluta falda indicativa (m s.l.m.)
P-04 (Pz) 243m s.l.m.	loc. Foppa Rivi	2,50	07/10/2017	2,20	241,50
			18/10/2017	2,00	
			14/11/2017	1,90	
			30/12/2017	1,60	

Settore Sud – Interpretazione stendimenti geoelettrici

sigla	Ubicazione	Data misura	Stima prof. falda (m)
GE-02	pista ciclabile	18/10/2017	>8 ca.
GE-03	mapp. proprietà F.A.C.E.S	18/10/2017	>10ca.

Dallo studio geologico del Comune di Zandobbio (Locati, 2009-2011), in particolare dalla sezione idrogeologica B-B', si sono estrapolati i dati relativi alla profondità della falda (e alla stratigrafia) in corrispondenza del **pozzo "D5"**, all'incirca posta, al momento della rilevazione (sicuramente precedente al 2011), a – 3 m dal p.c..

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO MODALTI	ydros ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Istituto per lo studio e la tutela del patrimonio geologico e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. Ricerca e consulenza ambientale	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



Comune di Zandobbio, sezione idrogeologica B-B' (studio geologico, Locati 2009-2011)

2.4 Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)

L'Autorità di Bacino del Fiume Po ha approvato (con pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n. 30 del 6 febbraio 2017) il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) in recepimento della Direttiva Europea 2007/60/CE ("Direttiva Alluvioni"), per la cui attuazione Regione Lombardia ha approvato a sua volta le disposizioni operative contenute nella d.g.r. 6738 del 19 giugno 2017.

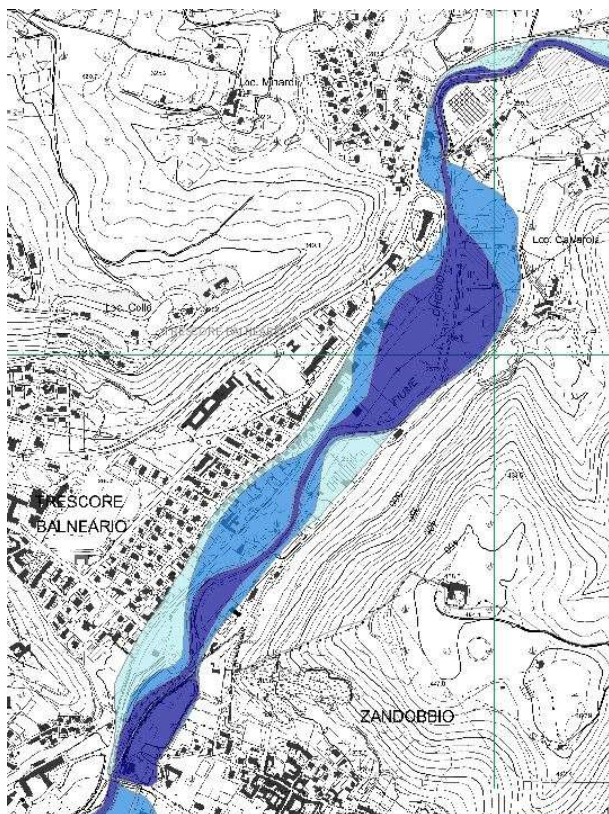
Il Piano, come si legge nella citata d.g.r., "ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. A tal fine nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni, stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree "allagabili", individuate le "Aree a Rischio Significativo (ARS)" e impostate misure per ridurre il rischio medesimo (...). La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle mappe di pericolosità, la classificazione del grado di rischio al quale sono soggetti gli elementi esposti è rappresentata nelle mappe di rischio", disponibili sul sito web di Regione

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

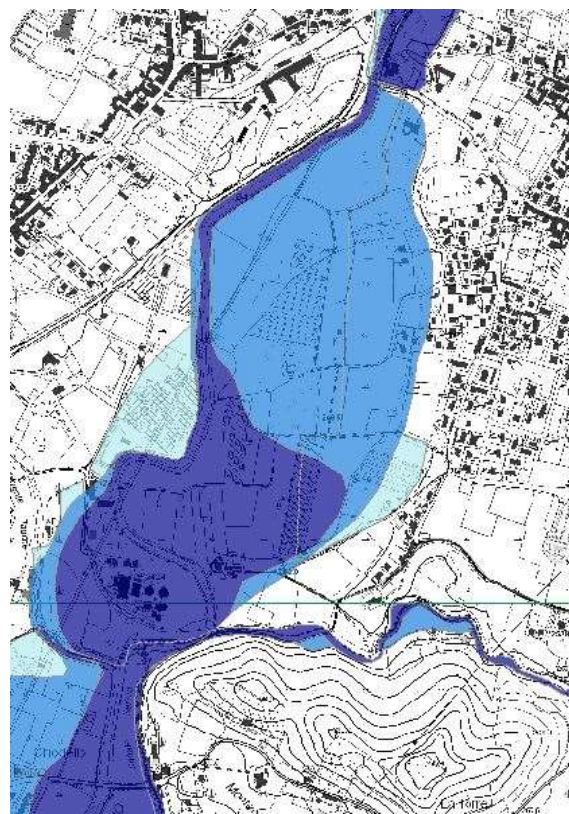
Lombardia e qui riprodotte: esse “rappresentano un aggiornamento e integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del PAI”.

Le Amministrazioni Comunali ne prendono atto e ne “tengono conto da subito in sede di attuazione dei propri strumenti pianificatori”, pertanto anche i comuni di Zandobbio e, soprattutto, di Trescore Balneario debbono tenere conto delle previsioni del PGRA, che sostituiscono/integrano le carte vigenti del PAI.

Il fiume Cherio appartiene al “Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)” e, nel settore di studio, viene interessato da fasce che rappresentano le “aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, H” (tonalità scura); “aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti, M” (con tonalità intermedia); “aree potenzialmente interessate da alluvioni rare, L” (con tonalità chiara).

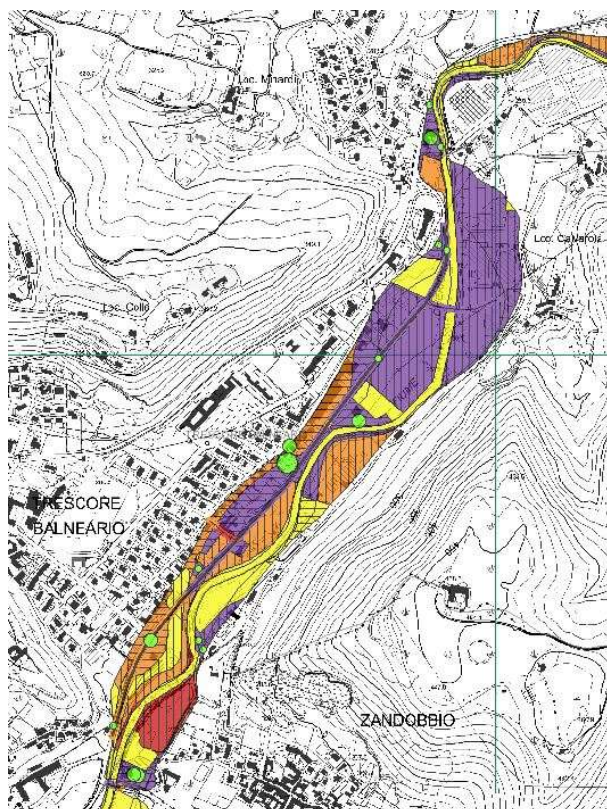


PGRA, Mappa della pericolosità, settore nord

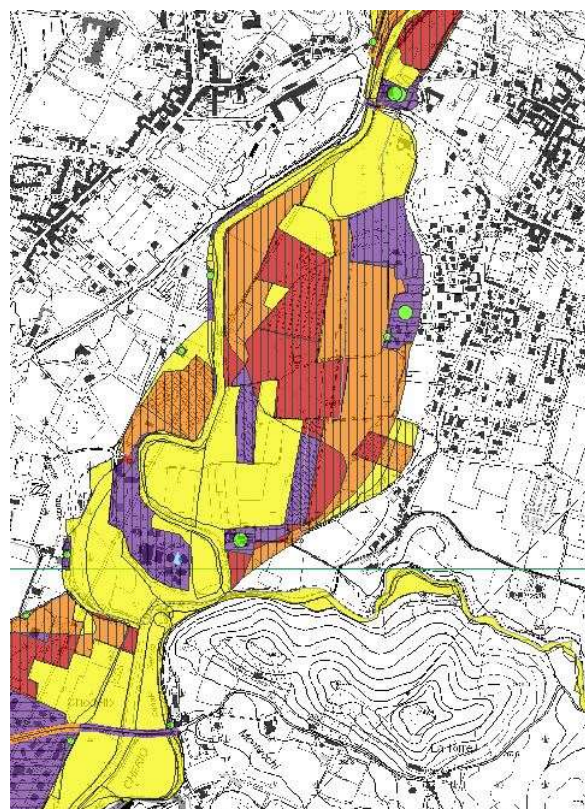


PGRA, Mappa della pericolosità, settore sud

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PROGETTI	ydros ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS servizi geologici e ambientali	ECOGEO s.r.l. servizi geologici e ambientali	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



PGRA, Mappa del rischio, settore nord



PGRA, Mappa del rischio, settore sud

Dall'osservazione delle mappe del rischio si evidenzia come nel settore nord il rischio sia decisamente più elevato che nel settore sud, a causa della presenza di una maggiore densità di insediamenti e strutture antropiche.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.1 Piano delle indagini geognostiche

Allo scopo di definire il modello geologico ed idrogeologico di riferimento progettuale e definire preliminarmente i parametri litotecnici del sottosuolo è stata progettata e realizzata una apposita campagna di indagini geognostiche, rappresentate, complessivamente, sulla corrispondente tavola allegata al presente studio.

Nel **settore Nord (Loc. Calvarola – Via Macina)** sono state realizzate le seguenti tipologie di indagini geognostiche:

- N. 3 prove penetrometriche dinamiche pesanti con l'utilizzo di una sonda tipo PENNI 63 prodotta dalla Compac. All'interno di due dei tre fori realizzati sono stati installati due tubi piezometrici.
- N. 2 stendimenti di geofisica (Indagine geoelettrica ERT).
- N. 2 campioni di terreno prelevati o attraverso l'utilizzo della sonda penetrometrica o attraverso la realizzazione di scavi manuali. I campioni di terreno sono stati prelevati allo scopo di realizzare prove di laboratorio.

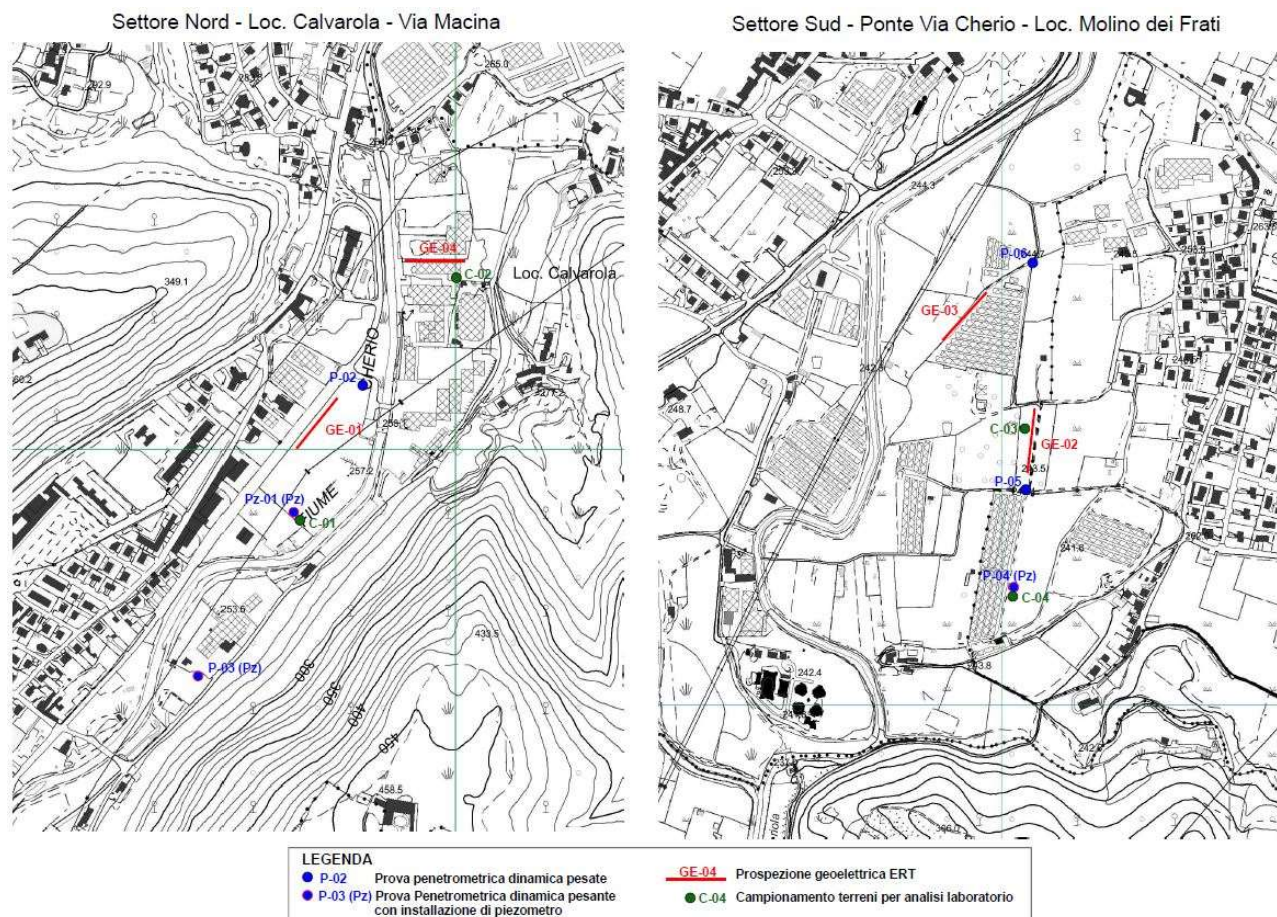
Nel **settore Sud (Ponte Via Cherio – Loc. Molino dei Frati)**:

- N° 3 prove penetrometriche dinamiche pesanti con l'utilizzo di una sonda tipo PENNI 63 prodotto dalla Compac. All'interno di uno dei tre fori realizzati è stato installato un tubo piezometrico.
- N° 2 stendimenti di geofisica (Indagini geoelettrica ERT).
- N° 2 campioni di terreno prelevati, o attraverso l'utilizzo della sonda penetrometrica o attraverso la realizzazione di scavi manuali, allo scopo di realizzare prove di laboratorio.

Si è cercato di collocare le prove in corrispondenza o in prossimità del sedime di progetto, in funzione delle scelte progettuali e strutturali e dello sviluppo di progetto.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Tutte le indagini sono servite alla interpretazione della stratigrafia locale, alla definizione delle caratteristiche geotecniche del substrato in posto oltre che alla definizione della eventuale presenza della falda superficiale.



planimetria di ubicazione delle indagini

3.2 Prove penetrometriche dinamiche

3.2.1 Caratteristiche della strumentazione

Le prove penetrometriche dinamiche SCPT sono state eseguite con penetrometro dinamico pesante Compac modello PENNI 63, montato su carro a cingoli gommati i cui componenti sono rigorosamente conformi alle norme geotecniche in materia.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

In particolare, il penetrometro impiegato può essere descritto come penetrometro classe DPSH tipo “Meardi” o “Terzaghi modificato” o “superpesante” o “Standard Cone Penetration Test (SCPT)”.

I dati tecnici del penetrometro sono così riassumibili:

Diametro delle aste	32 mm
Diametro dei rivestimenti	45 mm
Punta conica – diametro	50,8 mm
Conicità	60°
Peso del maglio	63,50 kg
Altezza di caduta - volata	75 cm

La prova consiste nel misurare il numero dei colpi (NSCPT) necessari all'infissione delle aste per un intervallo pari a 20 centimetri (N/colpi/piede) seguite, nel caso di terreni particolarmente coesivi, dai tubi di rivestimento per evitare l'eventuale attrito tra aste e terreno (e per l'avanzamento dei quali si registra il numero dei colpi necessario allo stesso).

3.2.2 Profondità raggiunta dalle prove

Le prove penetrometriche dinamiche hanno raggiunto le profondità indicate nella tabella seguente.

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PROGETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS servizi geologici e ambientali	 ECOGEO s.r.l. servizi geologici e ambientali	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Settore	Numero prova	Ubicazione	Profondità raggiunta (m)	Raggiungimento del valore di rifiuto	Installazione Piezometro	Falda misurata a fine prova (m da p.c.)
nord	P-01 (Pz)	Dante Brignoli Granulati S.r.l. -Sud	3,8	No	Si	-2,58
	P-02	Dante Brignoli Granulati S.r.l. - Nord	3,8	Si a 3,8m		
	P-03 (Pz)	via Calvarola al civico 5	4	No	Si	-3,96
sud	P-04(Pz)	Loc. Foppa Rivi	3,8	Si a 3,8m	Si	-2,58
	P-05	Pista ciclabile (Via Rivi-Via Fontane)	4,4	Si a 4,4m		
	P-06	Pista ciclabile Cherio	2,8	Si a 2,8m		-2,02

Il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica è ragionevolmente imputabile al raggiungimento di livelli granulometricamente più grossolani ascrivibili a ghiaia centimetrica e ciottoli grossolani.

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PROGETTI	ydros ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Monumenti e dei Beni Culturali	ECOGEO s.r.l. INGEGNERIA AMBIENTALE E TERRITORIALE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



Ubicazione prova penetrometrica P-01 (Pz) realizzata all'interno del piazzale (Lato sud) di stoccaggio materiali di proprietà della Dante Brignoli Granulati S.r.l.. Installazione di un tubo piezometrico.



Ubicazione prova penetrometrica P-02 realizzata all'interno del piazzale (Lato nord) di stoccaggio materiali di proprietà della Dante Brignoli Granulati S.r.l.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



Ubicazione prova penetrometrica P-03 (Pz) realizzata nei pressi del piazzale di via Calvarola al civico 5. Installazione di un tubo piezometrico.

Le prove hanno avuto lo scopo di caratterizzare il sottosuolo in progetto sia dal punto di vista geotecnico che in ottica geologica -stratigrafica. Inoltre l'installazione dei piezometri all'interno dei fori è servita per definire l'eventuale presenza della falda superficiale e monitorarne, nel tempo, la fluttuazione.

I dati forniti dalle prove penetrometriche e le relative analisi geotecniche sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate al fondo della presente relazione.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



Ubicazione prova penetrometrica P-04 (Pz) realizzata in località Foppa Rivi. Installazione di un tubo piezometrico.



Campioni di terreno prelevati per le analisi di laboratorio.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

3.3 Indagini geofisiche – Tomografia elettrica ERT

3.3.1 Cenni sulla tomografia elettrica

L'obiettivo delle indagini geoelettriche è determinare la distribuzione della resistività nel sottosuolo operando una serie di misure sulla superficie. La resistività del terreno è legata a molteplici parametri geologici quali il contenuto di fluidi, il contenuto in determinati minerali, la porosità e il grado di saturazione in acqua della roccia.

La corrente elettrica, immessa nel sottosuolo, può fluire attraverso la conduzione di tipo “elettronica” e attraverso la conduzione di tipo “elettrolitica”. Nei casi più comuni la conduzione elettrolitica, legata essenzialmente alla presenza d'acqua tra i granuli del terreno, è il meccanismo dominante. La conduzione elettronica interviene quando sono presenti minerali particolarmente conduttivi.

In generale le rocce ignee e metamorfiche hanno valori di resistività alti. Le rocce sedimentarie, che sono solitamente molto porose ed hanno un più alto contenuto d'acqua, presentano valori di resistività inferiori, con un range da 10 a 10'000 Ωm ma con la maggior parte dei valori sotto i 1'000 Ωm . I terreni non consolidati hanno valori di resistività generalmente ancora più bassi, in relazione alla porosità, al grado di saturazione ed al contenuto in argilla che tende ad abbassarne notevolmente la resistività. In linea generale suoli argillosi sono più conduttivi di suoli sabbiosi e ghiaiosi. Comunque la sovrapposizione dei valori di resistività per le differenti classi di rocce e terreni può dare adito a diverse interpretazioni che devono essere valutate ed eventualmente scartate in funzione del contesto geologico in cui si operano le misure.

La resistività dell'acqua di falda varia da 10 a 100 Ωm in funzione della percentuale di sali disciolti in essa (l'acqua di mare, ad esempio, ha una resistività inferiore a 1 Ωm). Quindi la resistività del suolo non è solo legata al grado di saturazione ma anche alla natura del fluido che lo permea.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

3.3.2 Profilo tomografico

Il profilo geoelettrico acquisito con modalità particolari permette di effettuare una elaborazione tomografica (profili tomografici), che restituisce la distribuzione bidimensionale o tridimensionale delle caratteristiche elettriche dei materiali indagati. Si possono in questo modo ottenere delle sezioni geoelettriche ad alta risoluzione. Il principio fisico è lo stesso alla base dei tradizionali S.E.V. e S.E.O. (sondaggi elettrici verticali e orizzontali), ma in questo caso, invece di energizzare e misurare da quattro elettrodi che vengono spostati di volta in volta, vengono utilizzati più elettrodi (16, 24, 32, 48 ecc.) con cui è possibile ottenere un numero molto alto di combinazioni, indagando quindi non più solo lungo un asse verticale ma lungo una sezione bidimensionale.

La tomografia elettrica è una tecnica non invasiva finalizzata a fornire sezioni del sottosuolo dove possono essere chiaramente individuate nel contesto geolitologico aree inquinate, cavità, presenza di corpi anomali, presenza di falde acquifere, estesi siti archeologici.

3.3.3 Acquisizione dati

L'acquisizione dei dati in campagna è stata ottenuta attraverso l'impiego dello strumento *Syscal Junior* prodotto dalla *Iris Instruments* (Orleans – France) le cui caratteristiche tecniche vengono descritte successivamente.

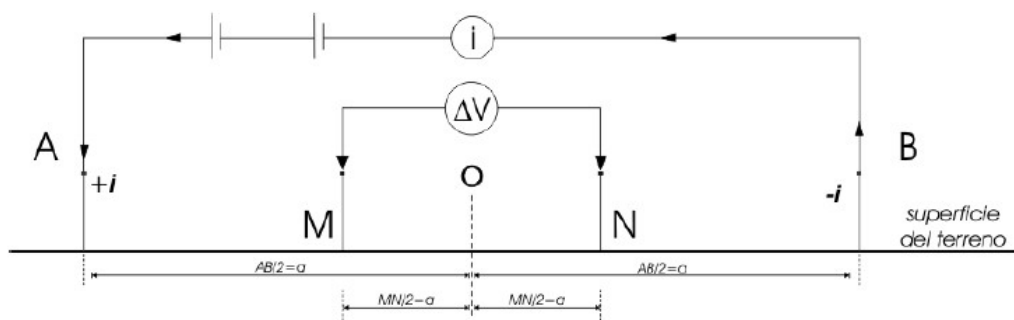
A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



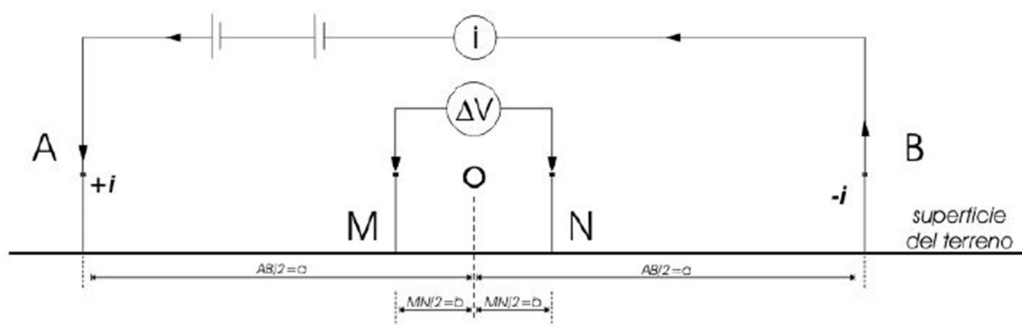
Strumentazione utilizzata per l'indagine Geoelettrica ERT e panoramica dello stendimento (GE-03).

Una misurazione completamente automatizzata della resistività può essere eseguita usando geometrie definite: **polo – polo, polo – dipolo, dipolo – dipolo, Wenner, Wenner – Schlumberger.**

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



Configurazione **WENNER**: gli elettrodi esterni **A** e **B** energizzano il terreno mentre agli elettrodi interni **M** ed **N** si misura la differenza di potenziale ΔV .



Configurazione **WENNER - SCHLUMBERGER**: è caratterizzata dalla simmetria del quadripolo rispetto al centro **O**, il dipolo potenziometrico **MN** si trova in posizione interna rispetto al dipolo energizzante **AB**.

La scelta della configurazione più adatta dipende da vari fattori, tra i quali: la sensibilità della configurazione alla resistività, la profondità di investigazione, l'intensità del segnale. La distanza elettrodoica è direttamente proporzionale alla profondità di terreno indagato e inversamente proporzionale alla "risoluzione". In pratica maggiore è la distanza interelettrodoica, maggiore sarà la profondità investigata ma minore sarà il dettaglio.

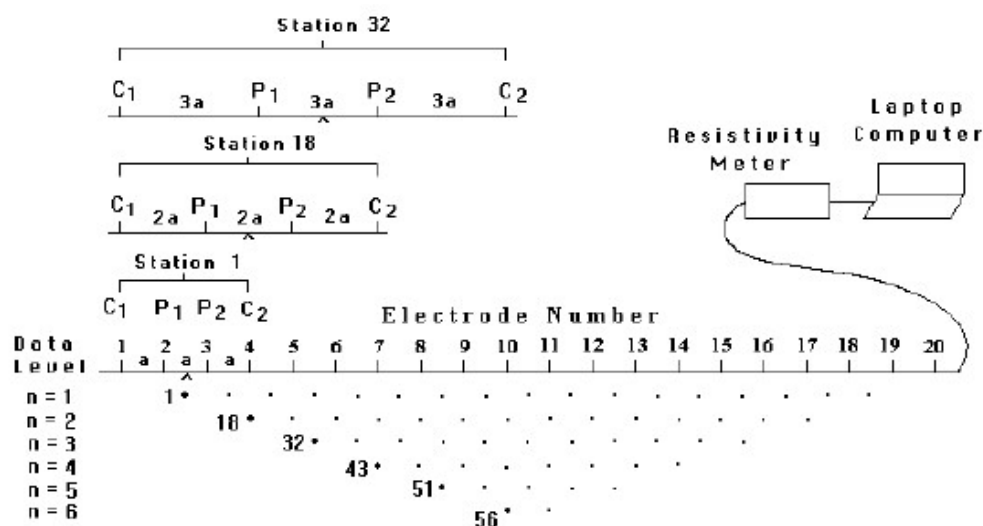
Oltre alle configurazioni elettrodoiche prefissate di cui sopra, il sistema permette all'utente di ottenere informazioni sulle coordinate x,y,z di ogni elettrodo, derivate da una sequenza di una configurazione arbitraria di elettrodi realizzata per mezzo del suo file di controllo (ASCII).

A.T.P.						Consulenti		
						Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

In questo modo sono possibili alcune applicazioni speciali (ad esempio: rilevamenti in 3D).

La lunghezza totale della linea di misura in 2D e “dell’area” in 3D è limitata; il sistema infatti consente nell’utilizzo di uno o più (fino a quattro) tratti di cavi, ognuno dei quali è predisposto per connettere 24 picchetti con distanza interelettrodoica (*electrodespacings*) massima di 5 metri. Ne consegue che la distanza massima di una linea tomografica utilizzando la strumentazione di cui sopra, risulta essere pari a 475 metri. Si può comunque implementare tale lunghezza, eseguendo un’indagine lungo una linea di misura di una lunghezza arbitraria infinita, tramite la tecnologia del *roll – along*.

I cavi, sono collegati al georesistivimetro secondo lo schema illustrato di seguito.



Rappresentazione schematica del principio di funzionamento della Tomografia elettrica mediante configurazione Wenner (Loke M.H., 1999)

La spaziatura degli elettrodi può essere comunque modificata; utilizzando infatti cavi con *electrodespacings* 5, si potranno impostare profili con spaziatura minore o uguale a 5 metri.

La lunghezza dello stendimento e conseguentemente la spaziatura degli elettrodi, dipende dalla profondità effettiva dell’indagine richiesta.

È da ricordare che la lunghezza totale dello sviluppo dovrebbe essere più grande dell’area di investigazione in modo che sia realizzata la piena copertura in profondità e meno

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

evidenza sia data verso gli estremi della immagine ottenuta dallo sviluppo, dove i dati limitati potrebbero produrre risultati “sporchi” e conseguentemente amplificare il margine di errore.

Tutte le operazioni citate precedentemente sono impostate, gestite e modificabili in funzione degli scopi predisposti dall’indagine geofisica, attraverso l’utilizzo di specifici software (*Electre II*, *Prosys*) che “comunicano” con il georesistivimetro *Syscal Junior* attraverso un personal computer.

3.3.4 Modalità di acquisizione

Nel settore Nord sono stati realizzati due stendimenti (GE-01 e GE-01) la cui ubicazione è riportata nella tavola Planimetria Ubicazione Indagini di progetto.

Considerato che l’obiettivo primario di questo tipo di indagine è quello di caratterizzare l’area di progetto, da un punto di vista idrogeologico, attraverso la determinazione della profondità della falda e secondariamente a scopo litologico-stratigrafico, si è scelto di utilizzare differenti metodologie e/o configurazioni di rilievo quali: la configurazione *Wenner-Schlumberger*, la configurazione *Wenner* o l’accoppiamento delle due.

Si è così ottenuta **una doppia sezione elettrostratigrafica** che verrà di seguito discussa.

Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche delle linee geoelettrica realizzate nel settore Nord, con indicazioni riguardo il numero degli elettrodi, la distanza tra un elettrodo ed il successivo (passo), la lunghezza totale della linea e la profondità raggiunta nella porzione centrale della sezione ottenuta.

Settore Nord – Caratteristiche tecniche degli stendimenti geoelettrici realizzati.

Profilo	N° elettrodi	Dist. Elettrodi (m)	Lunghezza tot. (m)	Profondità max (m)
GE-01 (Wenner- Schlumberger)	48	2	94	9
GE-04 (Wenner)	48	2	94	11
GE-04 (Wenner- Schlumberger)	48	2	94	9

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Settore Sud – Caratteristiche tecniche degli sedimenti di geoelettrica realizzati.

Profilo	N° elettrodi	Dist. Elettrodi (m)	Lunghezza tot. (m)	Profondità max (m)
GE-02 (Wenner)	48	2	94	9
GE-02 (Wenner- Schlumberger)	48	2	94	7
GE-03 (Wenner)	48	2	94	9
GE-03 (Wenner- Schlumberger)	48	2	94	9

Le profondità massime raggiunte sono funzione della geometria dello stendimento e della profondità ipotetica della falda superficiale da investigare.



Stendimento geoelettrico GE-01 –Settore Nord - Piazzale di stoccaggio materiali di proprietà della Dante Brignoli Granulati S.r.l.

3.3.5 Modalità di interpretazione

I dati ottenuti in campagna hanno permesso di realizzare ed interpretare, tramite l'utilizzo di un software specifico di calcolo (*Res2dinv*) i seguenti elaborati:

- Measured Apparent Resistivity Pseudosection
- Calculated Apparent Resistivity Pseudosection
- Inverse Model Resistivity Section.

A.T.P.						Consulenti		
						Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

In pratica, si cerca di trovare un modello del sottosuolo la cui risposta si rispecchi con i dati misurati. I metodi di inversione più utilizzati sono: *Forward Modeling Only*, *Damped Least Squares*, *Smooth Model Inversion* e *Robust Inversion*.

È importante sapere che per ogni serie di dati c'è un'ampia gamma (*range*) di modelli i cui valori di resistività apparente risultano concordanti con i valori misurati.

La sezione viene suddivisa in celle (*model blocks*) e ad ognuna delle quali viene attribuito un valore di resistività apparente "iniziale". Nel processo di inversione il software calcola per ogni cella una resistività che sia compatibile con quella misurata.

Al termine di ogni iterazione valuta, per confronto, la differenza tra i dati misurati e quelli calcolati. Se tale differenza è superiore al limite di approssimazione impostato, inizia una seconda iterazione che tenderà a migliorare la distribuzione dei valori di resistività apparente.

Il processo continua fino al raggiungimento del numero di iterazioni iniziali impostate o fino al raggiungimento del valore minimo di approssimazione.

Attraverso la "lettura" dell'*Inverse Model Resistivity Section* è possibile ricavare informazioni sulla natura del sottosuolo, la continuità laterale dei depositi e/o del substrato roccioso, la presenza di acqua, la presenza di riempimenti o corpi di varia natura sepolti, la presenza di sottoservizi.

La pseudosezione della resistività apparente ha valore qualitativo e riflette la distribuzione della resistività elettrica nella sezione. In sostanza si possono considerare come immagini qualitative dato che ciascuna misura interessa la resistività di un considerevole volume di terreno. Attraverso l'interpretazione di tali sezioni non possono essere osservati contorni netti che delimitano i bordi di strutture.

3.3.6 Rappresentazione dei dati

La sezione tomografica è stata rappresentata graficamente con tonalità di colori che vengono associate ai diversi valori di resistività (espressi in Ωm , Ohm per metro) che caratterizzano il sottosuolo.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

L'asse delle ascisse materializza la superficie topografica lungo cui è stata effettuata la misura; lungo l'asse delle ordinate sono espressi i valori di profondità.

La riduzione dei punti di misura con la profondità fa sì che la sezione abbia una risoluzione grafica tipicamente trapezoidale.

Il modello elettrostratigrafico della zona investigata è stato definito attraverso *unità elettrostratigrafiche*, ovvero corpi 3D distinguibili sulla base del contrasto elettrico con le unità adiacenti e delle proprietà elettriche interne, dotate di una propria geometria apparente. Quando si determina una discontinuità tra due unità non si rappresenta una superficie fisica esistente, ma una corrispondenza tra contrasti elettrici. Una sezione geoelettrica basata su un modello di resistività 2D non è da intendere come una rappresentazione geometrica di unità fisiche bensì come espressione della variazione della struttura elettrica di un sottosuolo eterogeneo.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

4 INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1 SETTORE NORD

4.1.1 Modello geologico preliminare di riferimento

Partendo dai dati bibliografici e dalle conoscenze dei luoghi degli scriventi, utilizzando le indagini geognostiche realizzate specificatamente per l'opera in progetto è stato possibile definire il modello geologico di riferimento progettuale, per il settore Nord, schematizzato come segue partendo da p.c.:

- **Orizzonte 1** - Da p.c. fino ad un massimo di 1,2 m di profondità sono presenti terreni di riporto antropico e/o terreni coltivati indistinti a varia granulometria.
- **Orizzonte 2** - Al di sotto dell'orizzonte 1 sono presenti i depositi alluvionali (Unità Postglaciale) fin a comportamento coesivo con spessore variabile compreso tra 1 e 3m e profondità massima di 3,4 metri da p.c. Si tratta di depositi limosi e argillolimosi con scarse qualità litotecniche.
- **Orizzonte 3** – All'aumentare della profondità i depositi alluvionali (Unità Postglaciale) presentano un netto cambio granulometrico. Il livello 3, che viene intercettato a partire da una profondità compresa 1,8 a 3,2m, è caratterizzato infatti essenzialmente da ghiaie limose e ghiaie sabbiose a comportamento prevalentemente incoerente.

Il modello geologico di riferimento progettuale, appena illustrato, visto l'esiguo numero di indagini realizzate rispetto all'ampiezza dell'area di progetto, è da considerarsi preliminare e propedeutico alle scelte progettuali di questa fase progettuale. Una volta saranno definite in maniera definitiva la tipologia e la localizzazione delle opere sarà necessario realizzare una nuova campagna indagini geognostiche allo scopo di definire in maggior dettaglio il modello geologico di riferimento progettuale.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

4.1.2 Modello idrogeologico preliminare di riferimento

Le indagini geognostiche e il monitoraggio piezometrico, realizzati in fase preliminare, confermano, in linea generale, quanto illustrato negli studi geologici di P.G.T. (Grimaldi, 2013), per il settore Nord.

Nel settore Nord, infatti, è presente in prevalenza il **Complesso dei depositi ghiaiosi (Deposti alluvionali)** costituiti da ghiaie grossolane (dalle indagini realizzate tali depositi sono costituiti da ghiaie limose o sabbiosa) mediamente alternate in matrice limoso argillosa. Acquifero di tipo libero con soggiacenza inferiore a 35 m, contenuto in depositi grossolani ad elevata permeabilità e protetto in superficie da un orizzonte limoso sommitale di debole spessore (1 - 4 m) (dalle indagini realizzate tale livello risulta costituito da limi argillosi, e argillo-limi con argilla con spessore compreso tra 1-3m) appartenente all'unità delle ghiaie grossolane mediamente alterate con ciottoli, in matrice limoso argillosa. A tale complesso è attribuito un grado di vulnerabilità elevato.

Lungo il fiume Cherio, inoltre, è confermata la presenza di zone con bassa soggiacenza della superficie piezometrica (circa 2,5 m.s.l.m.), in falda libera e non sospesa.

4.1.3 Caratterizzazione geotecnica preliminare

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalle indagini eseguite hanno consentito di ipotizzare una stratigrafia basata sulla prova P-01 (Pz) perché considerata più cautelativa avendo raggiunto una maggior profondità, costituita dai livelli descritti di seguito ai quali sono stati assegnati i parametri di base riportati nella tabella.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Settore nord - Stratigrafia e parametri geotecnici a riferimento progettuale preliminare.

Descrizione	Profondità del letto (m da p.c.)	Valore N _{spt}	Peso di volume naturale (kN/m ³)	Coesione non drenata Cu (kPa)	Angolo d'attrito (°)	Densità relativa (%)	Modulo di Young (MPa)
Riporto antropico e/o terreno coltivato indistinti	0,4-1,2	9-21	18-20	-	29-31	30-60	10-20
Limi argilloso e argillolimi con argilla (Deposti alluvionali)	1,8-3,20	3-6	18-19	15-25	-		1-3
Ghiaie limose e ghiaie sabbiose (Deposti alluvionali)	>4	>16	19-22	-	31-34	60-90	20-40

Il monitoraggio piezometrico, realizzato nel settore Nord, ha mostrato, nel periodo considerato, una profondità della falda di circa 2,5m da piano campagna.

Tale livello della falda può essere preso a riferimento in questa fase progettuale.

4.1.4 Sezione elettrostratigrafica GE-01 (Wenner – Schlumberger)

Da una attenta analisi della pseudosezione GE-01 ottenuta utilizzando il metodo Wenner - Schlumberger, si riconosce la presenza di 3 elettrostrati distinti:

- una unità resistiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) che occupa la quasi totalità della sezione avente spessore medio di circa 2 metri con il tetto corrispondente al piano campagna. L'unità è presente, lungo l'asse x, da 0 m fino a circa 65 m. Non è omogenea lungo tutta la sezione, è caratterizzata da valori di resistività compresi tra 300 Ωm fino a circa 1000 Ωm.
- un secondo elettrostrato (Unità elettrostratigrafica 2) ubicato al disotto dell'unità elettrostratigrafica 1, presente lungo tutta la lunghezza dello stendimento con spessore compreso tra 4 e 7 metri. I valori sono compresi tra circa 3 Ωm fino a circa 90 Ωm. I valori più bassi sono da imputare alla presenza di acqua di falda (confermata dalle misure piezometriche effettuate nelle immediate vicinanze).
- Un terzo elettrostrato (Unità elettrostratigrafica 3) presente lungo tutta la sezione,

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

rappresenta un livello mediamente resistivo (valori compresi tra 100 e 300 Ωm) con il tetto coincidente con la base dell'Unità 2 e il tetto non definito dalla profondità dell'indagine effettuata.

4.1.5 Sezione elettrostratigrafica GE-04 (Wenner)

Da una attenta analisi della pseudosezione GE-04 ottenuta utilizzando il metodo Wenner, si riconosce la presenza di 2 elettrostrati distinti:

- una unità resistiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) avente spessore medio di circa 2 metri e tetto corrispondente al piano campagna. L'unità non è omogenea in tutto il suo spessore, difatti è caratterizzata da valori di resistività compresi tra 300 Ωm fino a circa 700 Ωm .
 - Un secondo elettrostrato (Unità Elettrostratigrafica 2) di forma molto irregolare avente come tetto la base dell'Unità Elettrostratigrafica 1 mentre la profondità massima raggiunta della nostra indagine ci impedisce di definire la base dell'unità. Rappresenta un livello conduttivo (valori compresi tra 5 Ωm fino a circa 200 Ωm) I valori molto bassi sono da imputare alla presenza di acqua di falda (confermato dai dati reperiti da pozzo presente nelle immediate vicinanze). Nella porzione centrale dello stendimento l'unità ha uno spessore di circa 5 metri. Da 38 fino a 64 metri di progressiva è presente un alto resistivo (definito come anomalia di resistività) caratterizzato da valori superiori a 900 Ωm .

4.1.6 Sezione elettrostratigrafica GE-04 (Wenner - Schlumberger)

Da una attenta analisi della pseudosezione GE-04 ottenuta utilizzando il metodo Wenner - Schlumberger, si riconosce la presenza di 2 elettrostrati distinti:

- una unità resistiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) avente spessore medio di circa 2 metri e tetto corrispondente al piano campagna. L'unità non è omogenea in tutto il suo spessore, difatti è caratterizzata da valori di resistività compresi tra 300 Ωm fino a circa 700 Ωm .

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

- Un secondo elettrostrato (Unità Elettrostratigrafica 2) di forma molto irregolare avente come tetto la base dell'Unità Elettrostratigrafica 1 mentre la profondità massima della nostra indagine ci impedisce di definir la base dell'unità. Rappresenta un livello conduttivo (valori compresi tra 5 Ω m fino a circa 200 Ω m). Nella porzione centrale dello stendimento l'unità ha uno spessore di circa 5 metri. I valori molto bassi indicano la presenza di acqua di falda.

In accordo con la sezione ottenuta con il metodo Wenner è presente un alto resistivo (definito come anomalia di resistività) caratterizzato da valori compresi tra 300 e 900 Ω m composto da 2 "dicchi", il primo compreso tra 32 m e 42 m, il secondo tra 56 m e 72 m. Il tetto di questa anomalia raggiunge circa 6,5 m da piano campagna mentre la profondità della nostra indagine non ci permette di individuare la base di questa anomalia.

4.2 SETTORE SUD

4.2.1 Modello geologico preliminare di riferimento

Anche in questo caso, sempre a partire dai dati bibliografici e dalle conoscenze dei luoghi, utilizzando le indagini geognostiche realizzate specificatamente per l'opera in progetto è stato possibile definire il modello geologico di riferimento progettuale, schematizzato come segue partendo da p.c.:

- **Orizzonte 1** - Da p.c. fino ad un massimo di 0,6 m di profondità sono presenti terreni di riporto antropico e/o terreni vegetali indistinti a varia granulometria.
- **Orizzonte 2** - Al di sotto dell'orizzonte 1 sono presenti i depositi alluvionali (Unità Postglaciale) fini a comportamento coesivo con spessore variabile compreso tra 1 e 1,8m e profondità massima di 2,2 metri da p.c. Si tratta di depositi costituiti prevalentemente da limi con passate più argillose.
- **Orizzonte 3** – All'aumentare della profondità i depositi alluvionali (Unità Postglaciale) presentano un netto cambio granulometrico. Il livello 3, che viene intercettato a partire da una profondità compresa 1,4 a 2,2m, è caratterizzato infatti essenzialmente da ghiaie limose a comportamento prevalentemente incoerente. Si segnala che durante

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

la prova P-05, all'interno del livello 3, è stato intercetto un livello di limo potente circa 60cm.

Come già precedentemente ricordato, il modello geologico di riferimento progettuale, appena illustrato, visto l'esiguo numero di indagini realizzate rispetto all'ampiezza dell'area di progetto, è da considerarsi preliminare e propedeutico alle scelte progettuali di questa fase progettuale. Una volta definite la tipologia e la localizzazione delle opere sarà necessario realizzare una più completa campagna di indagini geognostiche allo scopo di definire con maggior dettaglio il modello geologico locale di riferimento progettuale.

4.2.2 Modello idrogeologico preliminare di riferimento

Le indagini geognostiche e il monitoraggio piezometrico, realizzati in fase preliminare, confermano anche in questo caso, in linea generale, quanto illustrato negli studi geologici di P.G.T. (Grimaldi, 2013; Locati, 2009-2011), per il settore Sud.

Nel settore Sud, infatti, è presente in prevalenza il **Complesso dei depositi ghiaiosi (Deposti alluvionali)** costituiti da ghiaie grossolane (dalle indagini realizzate tali depositi sono costituiti da ghiaie limose) mediamente alternate in matrice limoso argillosa. Acquifero di tipo libero con soggiacenza inferiore a 35 m, contenuto in depositi grossolani ad elevata permeabilità e protetto in superficie da un orizzonte limoso sommitale di debole spessore (1 - 4 m) (dalle indagini realizzate tale livello risulta costituito da limi con passate più argillose con spessore compreso tra 1-2) appartenente all'unità delle ghiaie grossolane mediamente alterate con ciottoli, in matrice limoso argillosa. A tale complesso è attribuito un grado di vulnerabilità elevato.

Nel settore Sud, il monitoraggio piezometrico e le indagini geognostiche non hanno mostrato la presenza della superficie piezometrica entro i primi 6-8m di profondità.

Il tubo piezometrico installato nel foro P-04 (Pz) ha mostrato, però, la presenza di una falda locale e localizzata con profondità di circa 2 m da p.c.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

4.2.3 Caratterizzazione geotecnica preliminare

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalle indagini eseguite hanno consentito di ipotizzare una stratigrafia generale ed indicativa delle condizioni di riferimento, basata sulla prova P-04 (Pz) perché considerata più cautelativa avendo raggiunto una maggior profondità, costituita dai livelli descritti di seguito, ai quali sono stati assegnati i parametri di base riportati nella tabella.

Settore sud - Stratigrafia e parametri geotecnici a riferimento progettuale preliminare

Descrizione	Profondità del letto (m da p.c.)	Valore Nspt	Peso di volume naturale (kN/m ³)	Coesione non drenata Cu (kPa)	Angolo d'attrito (°)	Densità relativa (%)	Modulo di Young (MPa)
Riporto antropico e/o terreno vegetale	0,4-0,6	3-14	16-18	15-25			1-5
Limi con passate più argillose (Deposti alluvionali)	1,4-2,2	3-10	14-16	15-50	-		1-9
Ghiaie limose (Deposti alluvionali)	>4,2	>30	20-22	-	32-35	60-100	20-50

Come accennato nel paragrafo precedente il monitoraggio piezometrico e le indagini geognostiche realizzate nel settore Sud, non hanno mostrato in generale la presenza di una significativa falda superficiale nei primi 6-8 m di profondità.

In corrispondenza del piezometro P-04 (Pz) è stata tuttavia rilevata la presenza di una falda localizzata a profondità anche inferiori ai 2 m da p.c., probabilmente connessa al superstite reticolo idrografico, almeno in parte alimentato dalle venute sorgentizie alla base del terrazzo morfologico di Zandobbio.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



Tubo piezometrico P-04 (Pz) ubicato in località Foppa Rivi. Monitoraggio della falda.

4.2.4 Sezione elettrostratigrafica GE-02 (Wenner)

La sezione elettrostratigrafica GE-02, nonostante un indice RMS molto basso (indice percentuale, con il quale si verifica la qualità della sezione di resistività ottenuta tramite l'algoritmo di inversione) presenta un andamento anomalo delle unità elettrostratigrafiche (la distribuzione delle resistività è fin troppo regolare), è quindi necessario in una fase successiva, eseguire ulteriori indagini investigando con maggior dettaglio l'area.

Nella sezione GE-02 ottenuta utilizzando il metodo Wenner, si riconoscono 3 elettrostrati distinti:

- una unità conduttiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) avente spessore medio di circa 2 metri e tetto corrispondente al piano campagna. L'unità è omogenea in tutto il suo spessore, caratterizzata da valori di resistività compresi tra 50 Ω m fino a circa 200 Ω m.
- Un secondo elettrostrato (Unità Elettrostratigrafica 2) di forma regolare avente come tetto la base dell'Unità Elettrostratigrafica 1 mentre la base è stata ubicata a circa 8 m da piano campagna. Rappresenta un livello resistivo (valori compresi tra

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

300 Ω m fino a oltre 900 Ω m).

- Un terzo elettrostrato di forma anch'esso regolare ubicato al di sotto dell'unità resistiva, con la base non definibile dalla nostra indagine, con valori di resistività compresi tra 2 Ω m fino a circa 200 Ω m.

4.2.5 Sezione elettrostratigrafica GE-02 (Wenner - Schlumberger)

Da una attenta analisi della pseudosezione GE-02 ottenuta utilizzando il metodo Wenner - Schlumberger, si osservano 3 elettrostrati distinti:

- una unità conduttiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) avente spessore medio di circa 1,5 metri da p.c. e tetto corrispondente al piano campagna. L'unità è omogenea in tutto il suo spessore, caratterizzata da valori di resistività compresi tra 30 Ω m fino a circa 200 Ω m.
- Un secondo elettrostrato (Unità Elettrostratigrafica 2) di forma regolare avente come tetto la base dell'Unità Elettrostratigrafica 1 mentre la base è stata ubicata a circa 6,5 m da piano campagna. Rappresenta un livello resistivo (valori compresi tra 300 Ω m fino a oltre 900 Ω m).
- Un terzo elettrostrato di forma anch'esso regolare ubicato al di sotto dell'unità resistiva, con la base non definibile dalla nostra indagine, avente range di resistività compreso tra 20 Ω m fino a circa 200 Ω m.

4.2.6 Sezione elettrostratigrafica GE-03 (Wenner)

Da una attenta analisi della pseudosezione GE-03 ottenuta utilizzando il metodo Wenner, si riconosce la presenza di 3 elettrostrati distinti:

- una unità conduttiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) avente spessore massimo di circa 2 metri e tetto corrispondente al piano campagna. L'unità è di forma lenticolare e non è presente lungo tutta la sezione. È caratterizzata da valori di resistività compresi tra 20 Ω m fino a circa 250 Ω m.
- Un secondo elettrostrato (Unità Elettrostratigrafica 2) di forma abbastanza regolare

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

avente come tetto la base dell'Unità Elettrostratigrafica 1 dove presente oppure il piano campagna dove non presente; la base invece è stata definita a circa 7,5 m dal p.c.. Rappresenta un livello resistivo (valori compresi tra circa 300 Ω m fino a circa 1000 Ω m).

- Un terzo elettrostrato di forma anch'esso regolare ubicato al di sotto dell'unità resistiva (unità elettrostratigrafica 2), con la base non definibile dalla nostra indagine, avente valori di resistività compresi tra 50 Ω m fino a circa 250 Ω m.

4.2.7 Sezione elettrostratigrafica GE-03 (Wenner-Schlumberger)

Da una attenta analisi della pseudosezione GE-03 ottenuta utilizzando il metodo Wenner - Schlumberger, si riconosce la presenza di 3 elettrostrati distinti:

- una unità conduttiva superficiale (indicata come Unità Elettrostratigrafica 1) avente spessore massimo di circa 3 metri e tetto corrispondente al piano campagna. L'unità è di forma lenticolare e non è presente lungo tutta la sezione. È caratterizzata da valori di resistività compresi tra 20 Ω m fino a circa 250 Ω m.
- Un secondo elettrostrato (Unità Elettrostratigrafica 2) di forma regolare avente come tetto la base dell'Unità Elettrostratigrafica 1 dove presente oppure il piano campagna dove non presente; la base invece è stata definita a circa 7,5 m dal p.c.. Rappresenta un livello resistivo (valori compresi tra circa 300 Ω m fino a circa 1000 Ω m).
- Un terzo elettrostrato di forma anch'esso regolare ubicato al di sotto dell'unità resistiva (unità elettrostratigrafica 2), con la base non definibile dalla nostra indagine, avente range di resistività compreso tra 30 Ω m fino a circa 200 Ω m.

5 ANALISI SISMICA PRELIMINARE

Di seguito si realizza una analisi sismica preliminare delle aree oggetto di specifico approfondimento. Si tratta di valutazioni di solo riferimento generale, basate sui dati e le informazioni acquisite dalla letteratura disponibile e dalle indagini eseguite in sito.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

5.1 Zona sismica

A partire dal 2003 sono stati emanati i criteri della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

Il territorio italiano è stato diviso in 4 zone a pericolosità sismica decrescente.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a _g /g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Zone sismiche e relativi valori di accelerazione (O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006).

I Comuni di Trescore Balneario e Zandobbio ricadono nella zona sismica 3 (Bassa sismicità) a cui corrisponde una accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni minore di 0,15 (a_g/g), che si traduce in una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,15 (a_g/g) riferita a suoli molto rigidi.

5.1.1 Valutazione del rischio sismico

5.1.1.1 *Classificazione del sito*

Per quanto riguarda la classificazione di base del sito, il DM 14 gennaio 2008, riprendendo quanto definito dall' Eurocodice 8, distingue 5 classi, facendo riferimento sia alla velocità delle onde S nel substrato sia allo spessore dello stesso.

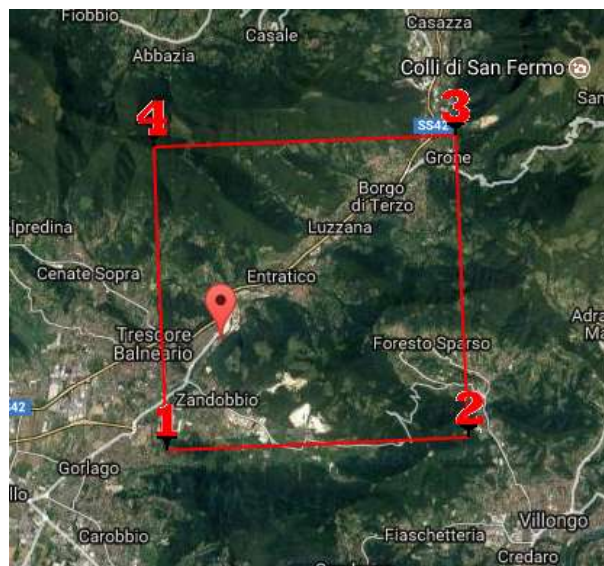
A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Ad ogni classe è associato uno spettro di risposta elastico.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è riportato alla pagina seguente.

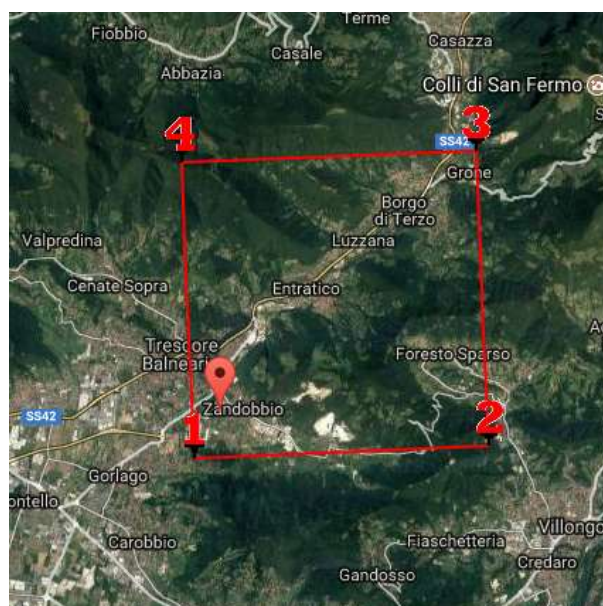
Dai risultati delle indagini geognostiche eseguite in sito (non sono state realizzate apposite indagini sismiche che dovranno essere realizzate nella progettazione definitiva), dalle conoscenze degli scriventi riguardanti l'area di studio e un suo significativo intorno e dalle informazioni riportate nello studio geologico di supporto al P.G.T. di Trescore Balneario (Grimaldi, 2012), con particolare riferimento all'indagine sismica MASW in esso descritta, è stato possibile attribuire al sottosuolo nell'area di studio, su tutto il fondovalle alluvionale, **la categoria sismica C**, considerata in questa fase cautelativa, in considerazione del fatto che le indagini geotecniche hanno mostrato localmente la presenza di alluvioni grossolane prevalenti su tutta l'area a partire da pochi metri di profondità rispetto al piano di campagna.

5.1.1.2 Parametri sismici del sito



settore nord - vertici di riferimento

A.T.P.						Consulenti		
RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC studio progetti	ydros ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS servizi geologici e ambientali	ECOGEO s.r.l. servizi geologici e ambientali	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi



settore sud - vertici di riferimento

In accordo con il D.M. 14/01/2008 vengono assegnati i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima al sito) F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T^*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) sulla base delle coordinate geografiche dell'area di intervento e in funzione della vita nominale dell'opera.

Tali valori si rendono necessari per la determinazione delle azioni sismiche puntualmente per ogni sito considerato.

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0,035	2,427	0,203
Danno (SLD)	35	0,038	2,421	0,210
Salvaguardia vita (SLV)	332	0,109	2,423	0,268
Prevenzione collasso (SLC)	682	0,143	2,459	0,276
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,011	0,039	0,051
kv	0,005	0,006	0,020	0,026
Amax [m/s ²]	0,511	0,555	1,607	2,096
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

5.1.2 Risposta sismica e stabilità del sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera e del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

5.1.2.1 *Amplificazione stratigrafica*

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione $a_{max} = S_s * a_g$, dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

Nelle analisi di risposta sismica locale, l'azione sismica di ingresso è descritta in termini di storia temporale dell'accelerazione su di un sito di riferimento rigido ed affiorante con superficie topografica orizzontale (sottosuolo tipo C).

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, sono state definite 7 categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione.

Come già detto in precedenza, il sito indagato appartiene, a partire dalla profondità di posa delle fondazioni, alla categoria C.

5.1.2.2 Amplificazione topografica

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica ST. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° . Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categorie topografiche secondo (D.M. 14 gennaio 2008)

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Ad ogni categoria topografica è associato un coefficiente di amplificazione topografica ST, in funzione della categoria stessa e dell'ubicazione del sito di studio.

L'area di progetto si sviluppa lungo una piana alluvionale pianeggiante di fondovalle con inclinazione media nel complesso inferiore a 15°. Dunque in questo caso è opportuno considerare la **categoria topografica T1**.

A tale categoria si può associare **un fattore ST pari a 1**.

5.1.3 Analisi della pericolosità sismica di I livello

Secondo la “Carta della pericolosità sismica locale”, parte integrante dello studio geologico di supporto al P.G.T. di Trescore Balneario, come rappresentato nello stralcio seguente, l'intera area oggetto di studio, in corrispondenza del fondovalle alluvionale, ricade all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale Z4a (Z4a = Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi) a cui è associata una pericolosità di grado H2.

Come correttamente richiamato negli studi geologici del P.G.T. l'analisi sismica deve essere articolata in tre livelli successivi di approfondimento implementati in relazione alla zona sismica di appartenenza del comune (O.P.C.M n.3274 del 20 marzo 2003, agli scenari di pericolosità sismica locale e alla tipologia delle costruzioni in progetto (allegato 5 alla D.G.R 8/774 e successive integrazioni).

5.2 **Analisi della pericolosità sismica locale di 2° livello**

La classe di pericolosità sismica locale Z4a, in cui ricade l'intera area di studio, richiede il secondo livello di approfondimento, che consiste in una valutazione semi-quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di fattore di amplificazione (Fa) e nel confronto con i valori soglia del territorio comunale stabiliti dalla Regione Lombardia (tabella seguente) e

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

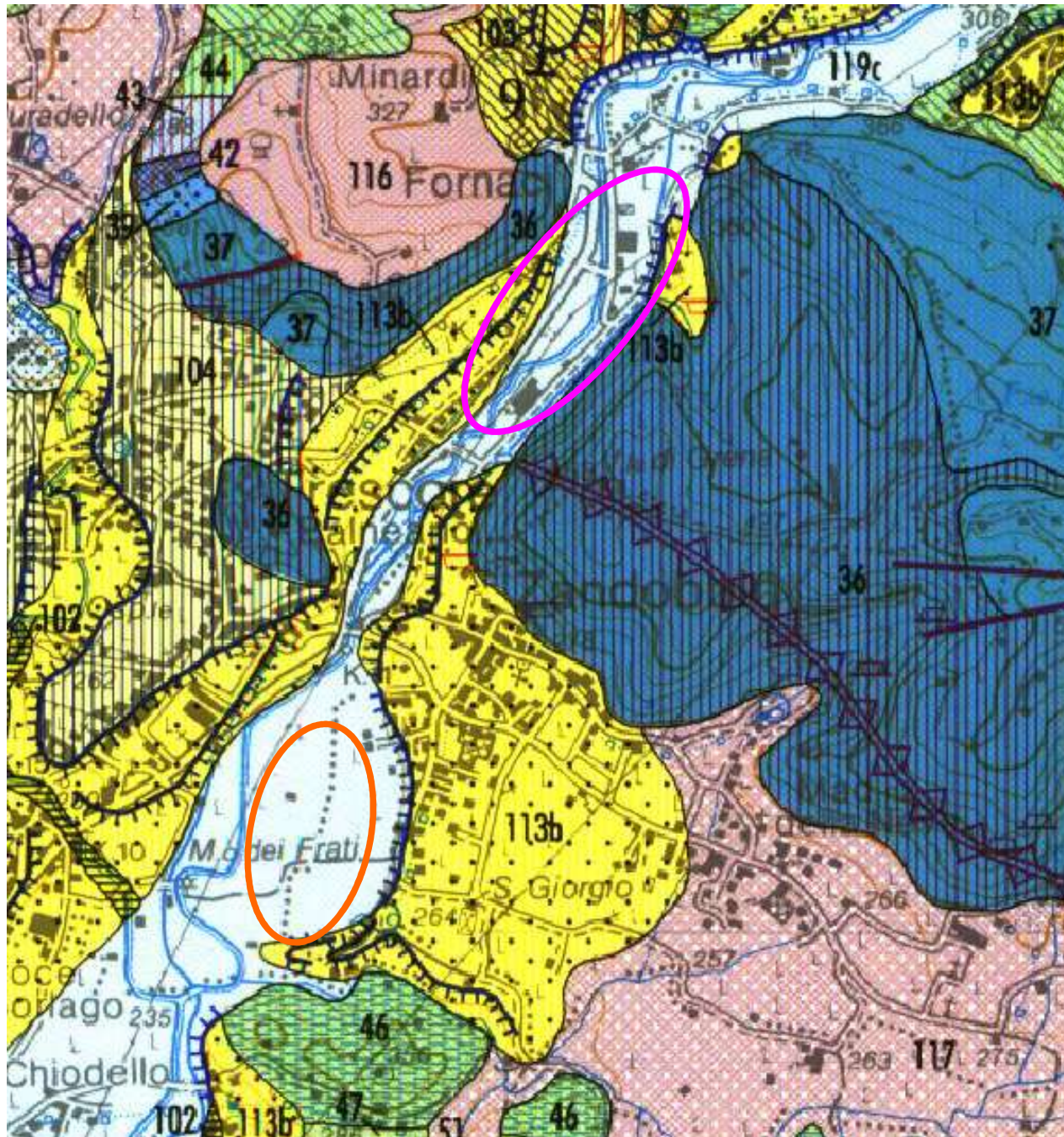
dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per ciò che concerne gli effetti di amplificazione sismica.

Valori soglia del territorio comunale di Trescore Balneario stabiliti dalla Regione Lombardia.

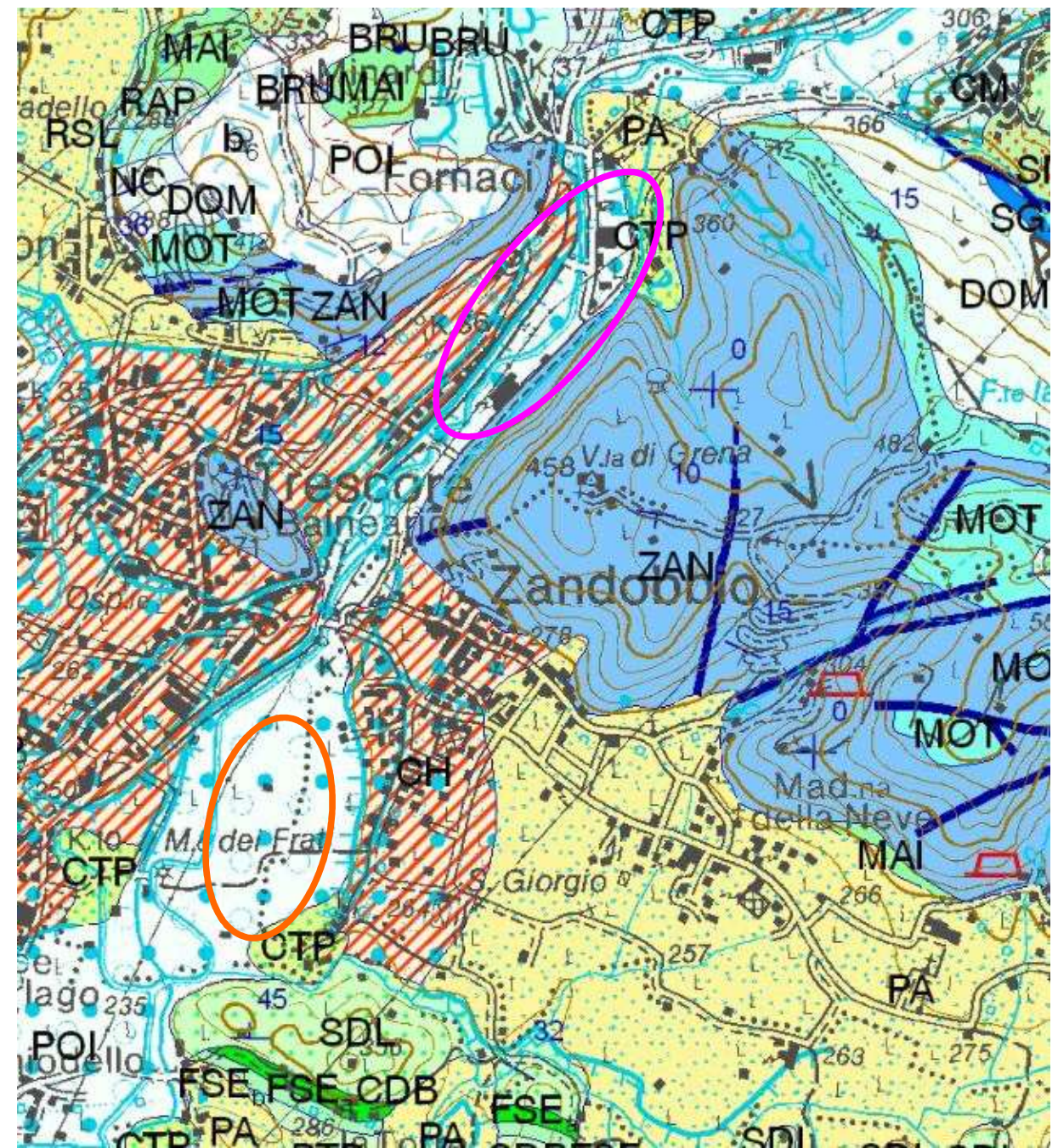
Categorie di sottosuolo		B	C	D	E
Valori	Periodo 0.1 - 0.5	1,5	1,9	2,3	2,0
soglia R.L.	Periodo 0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,4	3,1

L'approfondimento di secondo livello, realizzato all'interno dello studio del P.G.T. dal Dott. Geol. Paolo Grimaldi aggiornato al 2013, per lo scenario di amplificazione litologica (Scenario Z4a); nel quale ricade l'area di progetto, per le **zone di fondovalle** o pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali e/o coesivi, ha mostrato come i valori soglia Fa calcolati non superano i valori soglia indicati dalla Regione Lombardia nella precedente D.G.R n° 1566/05 (3° Supplemento straordinario B.U.R.L n°3 del 19 gennaio 2006) e di conseguenza **i valori soglia della normativa siano da considerarsi sufficienti a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione di sismica locale.**

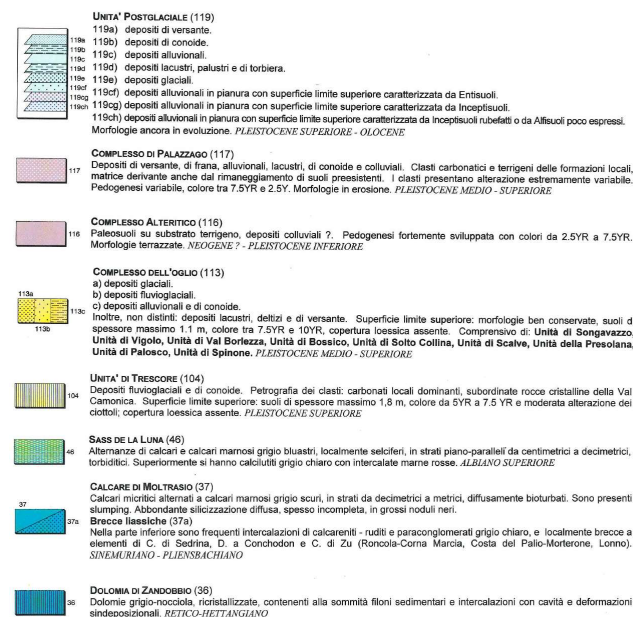
Considerato tuttavia che le precedenti considerazioni sono estese all'intero territorio comunale, all'interno dello scenario di riferimento (piana alluvionale, zona di fondovalle, ecc...: Z4a), in fase di progettazione definitiva sarà necessario eseguire apposite e dettagliate indagini sismiche allo scopo di realizzare l'analisi di secondo livello del sito, come prescritto dalle norme vigenti.



Carta Geologica della Provincia di Bergamo, 2000



CARG Foglio 098 Bergamo, 2011



LEGENDA

- Ubicazione settore Nord
- Ubicazione settore Sud

CARTA DELLA DINAMICA MORFOLOGICA DELL'ALVEO

Settore Nord - Loc. Calvarola - Via Macina

Settore Sud - Ponte Via Cherio - Loc. Molino dei Frati

1889

1931

1954

1975

1998

2015

1889

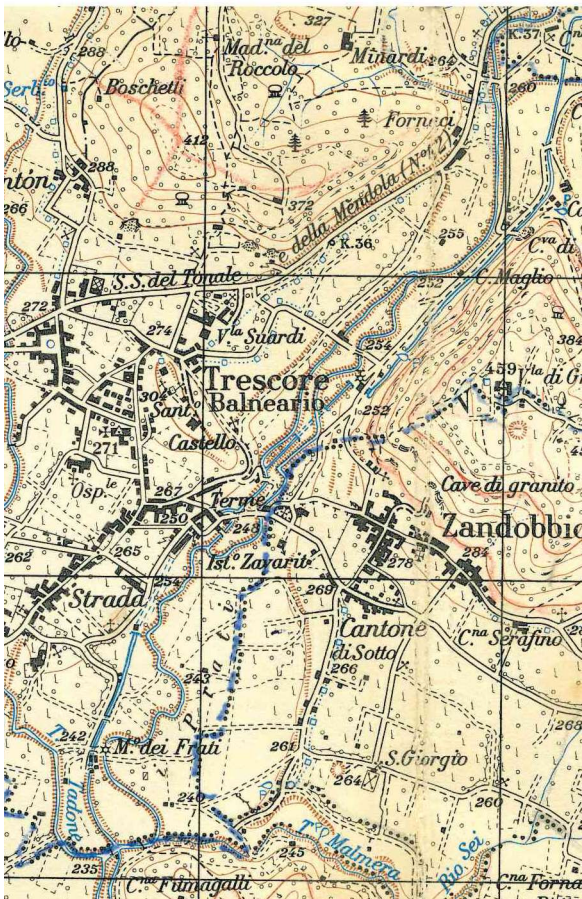
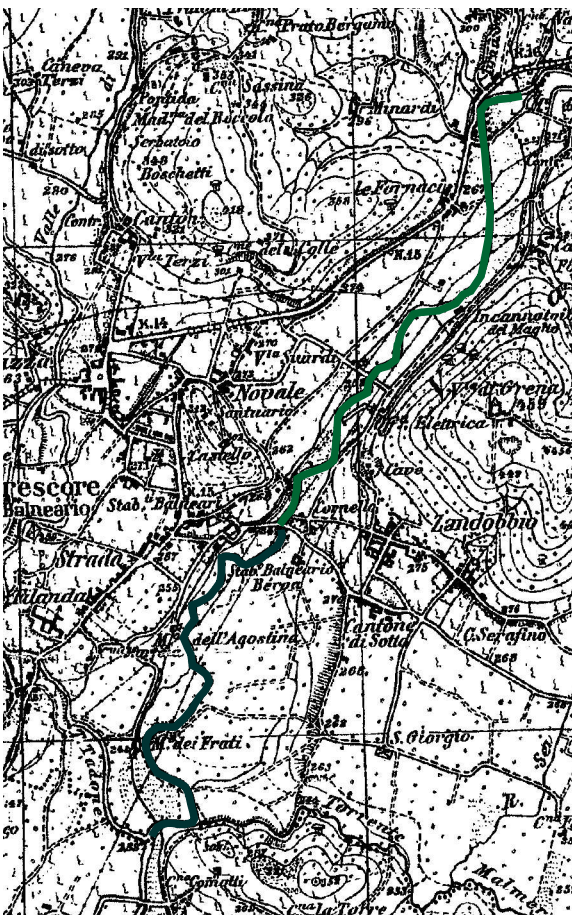
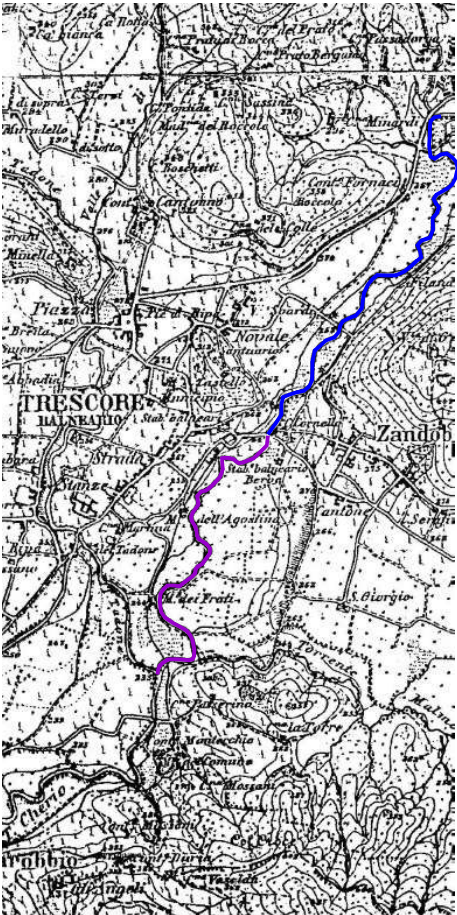
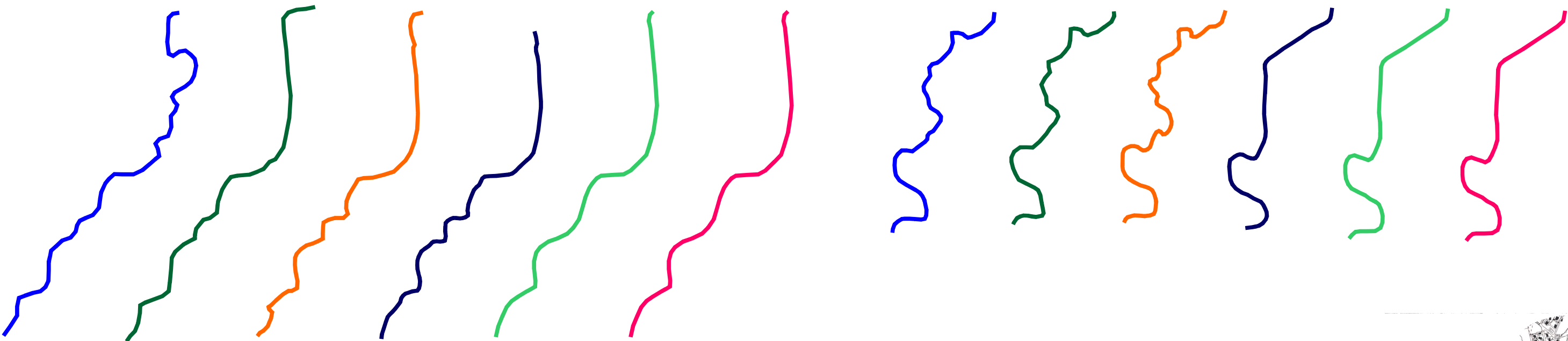
1931

1954

1975

1998

2015



Carta Asburgica 1812

IGM 1889

IGM 1931

IGM 1954

CTR 2015

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: AIPO Cremona
Cantiere: Fiume Cherio
Località: Comune di Trescore Balneario

Data: 19/10/2017

Scala 1:22



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: AIPO Cremona
Cantiere: Fiume Cherio
Località: Comune di Trescore Balneario

Data: 19/10/2017

Scala 1:22

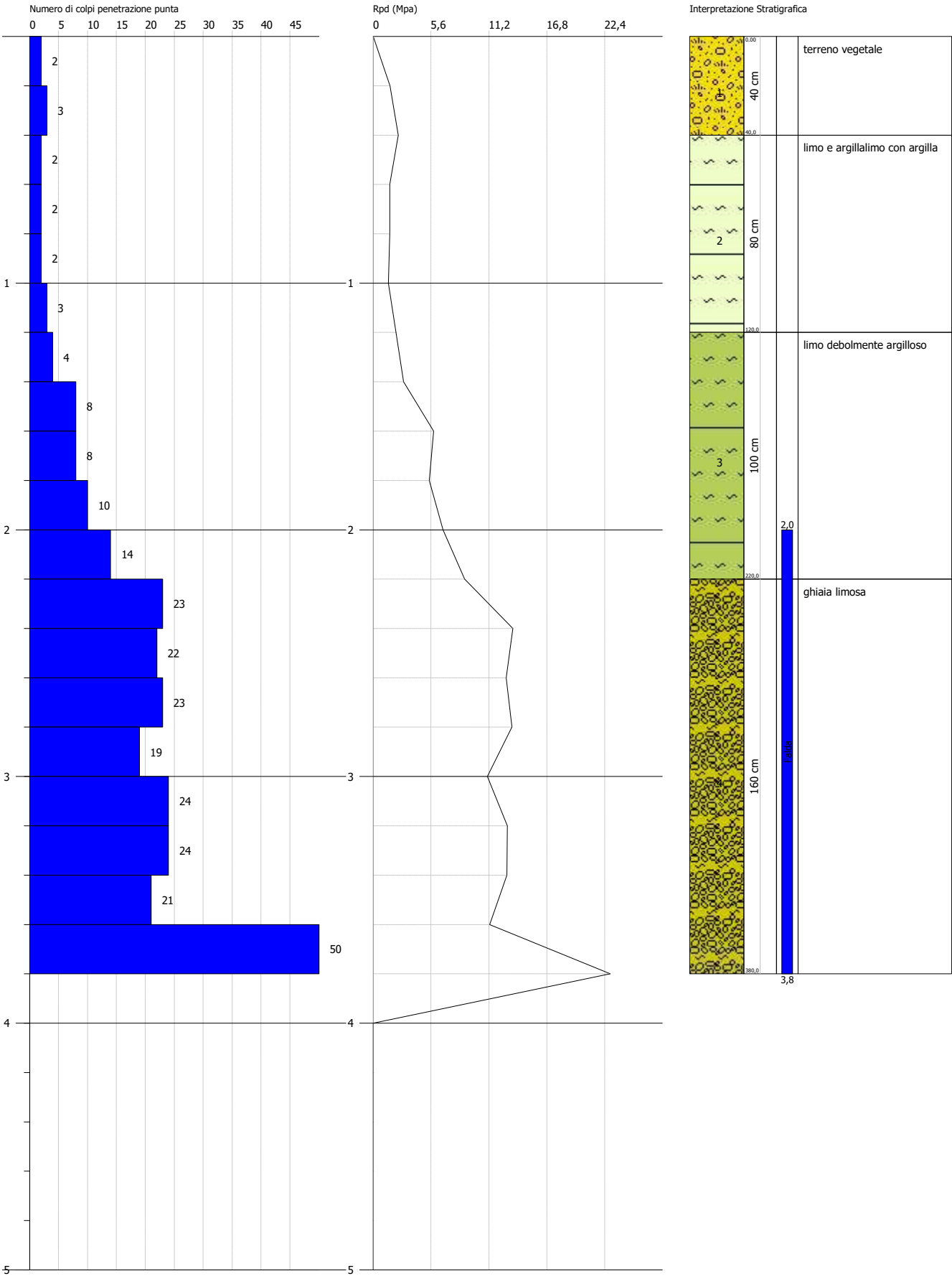


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: AIPO Cremona
Cantiere: Fiume Cherio
Località: Comune di Trescore Balneario

Data: 19/10/2017

Scala 1:22

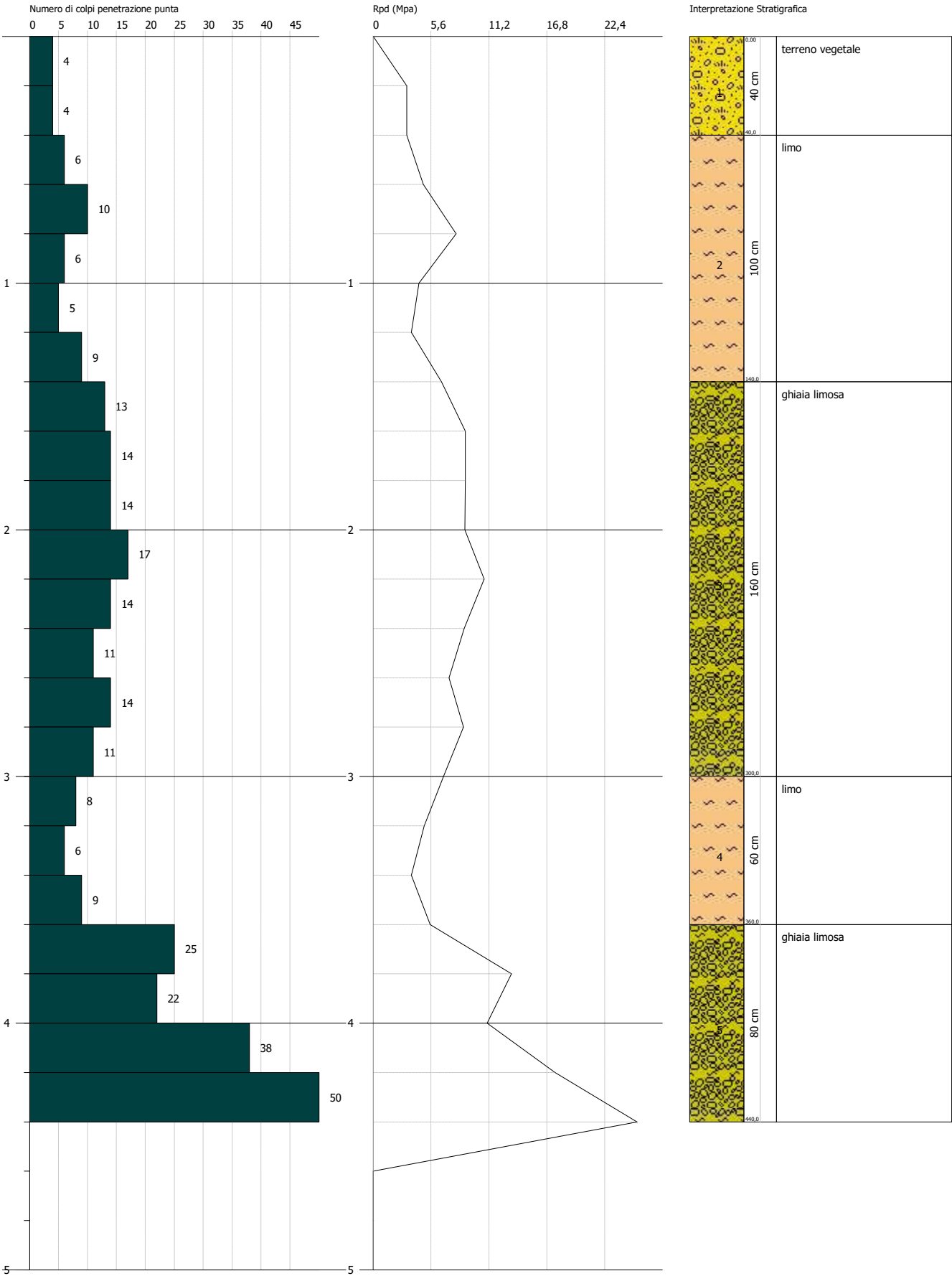


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: AIPO Cremona
Cantiere: Fiume Cherio
Località: Comune di Trescore Balneario

Data: 19/10/2017

Scala 1:22

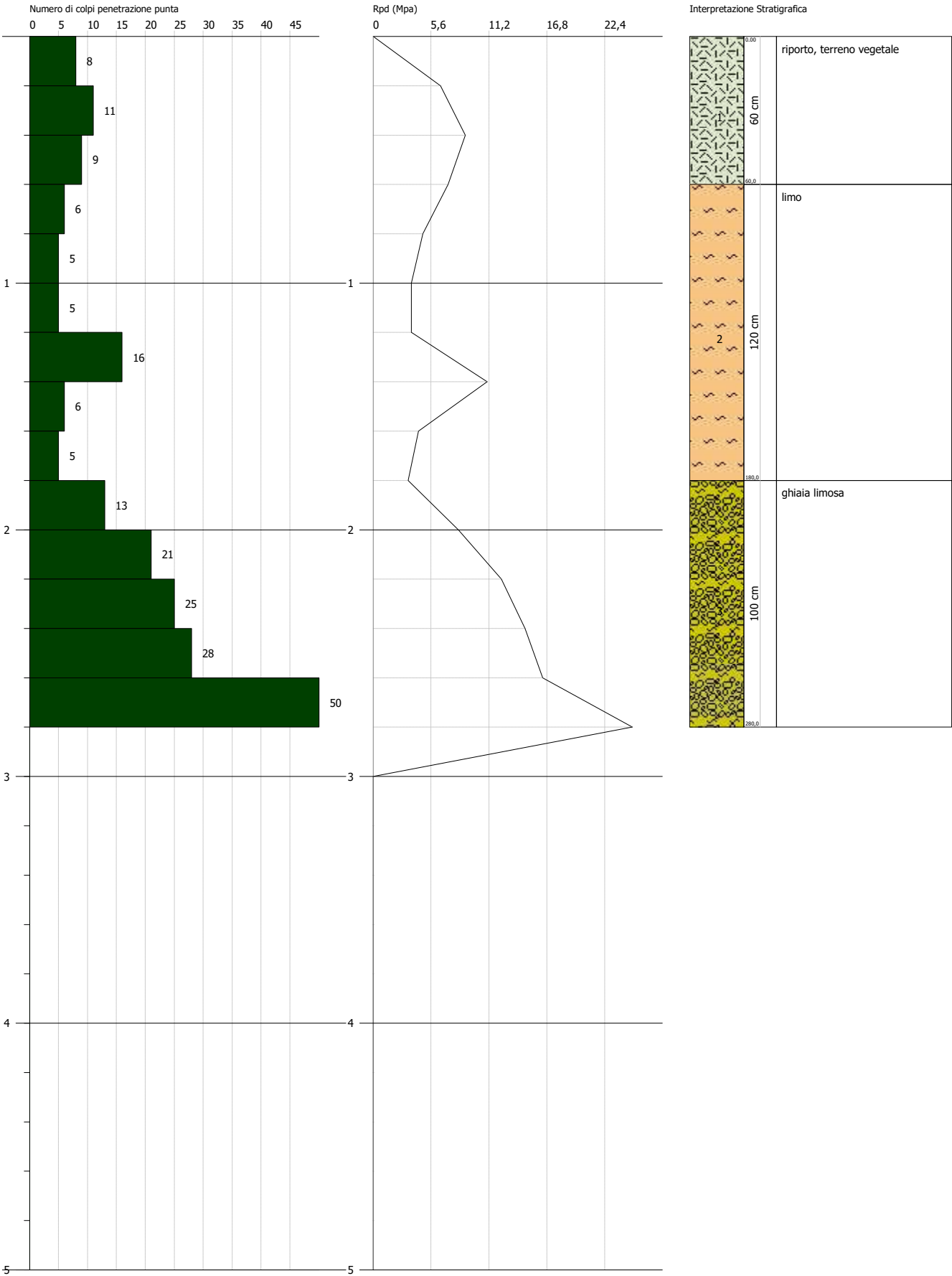


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: AIPO Cremona
Cantiere: Fiume Cherio
Località: Comune di Trescore Balneario

Data: 19/10/2017

Scala 1:22



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	Terzaghi-Peck	18,44

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	3,18

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	Schultze	1,38

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	Meyerhof	15,98

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	Meyerhof	18,24

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	92,67

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	9	0.00-0,40	9	Gibbs & Holtz 1957	38,32
Strato (2)	3	0,40-3,20	3	Gibbs & Holtz	12,61

limo e argillalimo con argilla				1957	
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	Gibbs & Holtz 1957	41,27

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	9	0.00-0,40	9	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	29,57
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	27,86
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	31,43

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	9	0.00-0,40	9	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	---
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	---
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	29,05

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	9	0.00-0,40	9	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,51
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,30
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,82

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) riporto, terreno superficiale	9	0.00-0,40	9	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1)	9	0.00-0,40	9	Meyerhof ed altri	16,67

riporto, terreno superficiale					
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	Meyerhof ed altri	14,22
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	Meyerhof ed altri	18,53

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	9	0.00-0,40	9	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,73
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,34
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,12

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) riporto, terreno superficiale	9	0.00-0,40	9	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	(A.G.I.)	0,35
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	9	0.00-0,40	9	Ohsaki (Sabbie pulite)	50,28
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	Ohsaki (Sabbie pulite)	17,90
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	83,82

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	9	0.00-0,40	9	Ohta & Goto (1978) Limi	73,33
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	Ohta & Goto (1978) Limi	92,67
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	Ohta & Goto (1978) Limi	139,98

Liquefazione

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1)	9	0.00-0,40	9	Seed e Idriss	--

riporto, terreno superficiale				(1971)	
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh} / P_0$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
Strato (1) riporto, terreno superficiale	9	0,00-0,40	9	Navfac 1971-1982	1,89
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-3,20	3	Navfac 1971-1982	0,51
Strato (3) ghiaia limosa	16	3,20-3,80	15,5	Navfac 1971-1982	3,22

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	Terzaghi-Peck	36,77

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	6,18

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	Schultze	4,77

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	Meyerhof	17,75

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	Meyerhof	18,53

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	98,11

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0,00-0,80	21	Gibbs & Holtz 1957	57,29
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	Gibbs & Holtz 1957	25,46
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	Gibbs & Holtz 1957	76,5

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0.00-0,80	21	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	33
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	28,71
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	43,86

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0.00-0,80	21	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	33,10
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	---
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	61,05

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0.00-0,80	21	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6,92
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,90
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	14,58

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0.00-0,80	21	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0.00-0,80	21	Meyerhof ed altri	19,71
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	Meyerhof ed altri	15,49
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	Meyerhof ed altri	22,36

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0,00-0,80	21	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,52
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	Terzaghi-Peck 1948-1967	21,28

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0,00-0,80	21	(A.G.I.)	0,31
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	(A.G.I.)	0,23

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0,00-0,80	21	Ohsaki (Sabbie pulite)	111,51
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	Ohsaki (Sabbie pulite)	34,35
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	Ohsaki (Sabbie pulite)	294,47

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0,00-0,80	21	Ohta & Goto (1978) Limi	97,07
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	Ohta & Goto (1978) Limi	98,11
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	Ohta & Goto (1978) Limi	162,66

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
Strato (1) riporto, terreno superficiale	21	0,00-0,80	21	Navfac 1971-1982	4,22
Strato (2) limo argilloso	6	0,80-1,80	6	Navfac 1971-1982	1,22
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	59	1,80-2,80	59	Navfac 1971-1982	9,70

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	Terzaghi-Peck	18,44

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	3,18

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	Schultze	1,38

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	Meyerhof	15,98

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	Meyerhof	18,24

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	97,16

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	12	0.00-1,20	12	Gibbs & Holtz 1957	42,92
Strato (2)	3	1,20-3,40	3	Gibbs & Holtz	11,25

limo e argillalimo con argilla				1957	
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	Gibbs & Holtz 1957	51,35

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	12	0.00-1,20	12	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30,43
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	27,86
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	34,71

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	12	0.00-1,20	12	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	26,48
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	---
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	37,51

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	12	0.00-1,20	12	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,11
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,30
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	8,13

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) riporto, terreno superficiale	12	0.00-1,20	12	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1)	12	0.00-1,20	12	Meyerhof ed altri	17,55

riporto, terreno superficiale					
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	Meyerhof ed altri	14,22
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	Meyerhof ed altri	20,59

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	12	0.00-1,20	12	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,93
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,34
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,81

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) riporto, terreno superficiale	12	0.00-1,20	12	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	(A.G.I.)	0,35
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	12	0.00-1,20	12	Ohsaki (Sabbie pulite)	65,90
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	Ohsaki (Sabbie pulite)	17,90
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	Ohsaki (Sabbie pulite)	141,23

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) riporto, terreno superficiale	12	0.00-1,20	12	Ohta & Goto (1978) Limi	95,28
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	Ohta & Goto (1978) Limi	97,16
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	Ohta & Goto (1978) Limi	155,74

Liquefazione

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1)	12	0.00-1,20	12	Seed e Idriss	--

riporto, terreno superficiale				(1971)	
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{H0} / \sigma_{V0}$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
Strato (1) riporto, terreno superficiale	12	0,00-1,20	12	Navfac 1971-1982	2,52
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	1,20-3,40	3	Navfac 1971-1982	0,51
Strato (3) ghiaia limosa	27	3,40-4,00	27	Navfac 1971-1982	5,18

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4**TERRENI COESIV I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) terreno vegetale	3	0,00-0,40	Terzaghi-Peck	18,44
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	Terzaghi-Peck	18,44
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	Terzaghi-Peck	86,00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	3	0,00-0,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	3,18
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	3,18
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	13,18

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	3	0,00-0,40	Schultze	1,38
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	Schultze	1,38
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	Schultze	12,66

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	3	0,00-0,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale	3	0,00-0,40	Meyerhof	15,98
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	Meyerhof	15,98
Strato (3) limo debolmente	13	1,20-2,20	Meyerhof	20,01

argilloso				
-----------	--	--	--	--

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale	3	0.00-0,40	Meyerhof	18,24
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	Meyerhof	18,24
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	Meyerhof	21,97

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	3	0.00-0,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	60,64
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	79,24
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	118,12

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	Gibbs & Holtz 1957	15,25
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	Gibbs & Holtz 1957	40,51
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	Gibbs & Holtz 1957	63,59

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	27,86
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30,71
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	34,57

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	---
Strato (3) limo debolmente	13	1,20-2,20	13	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	27,21

argilloso					
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	37,14

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,30
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,31
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	8,03

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	Meyerhof ed altri	14,22
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	Meyerhof ed altri	17,85
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	Meyerhof ed altri	20,59

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,34
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,02
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,81

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	(A.G.I.)	0,35

Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	(A.G.I.)	0,33
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	Ohsaki (Sabbie pulite)	17,90
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	Ohsaki (Sabbie pulite)	71,05
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	138,77

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	Ohta & Goto (1978) Limi	79,24
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	Ohta & Goto (1978) Limi	118,12
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	Ohta & Goto (1978) Limi	149,08

Liquefazione

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
Strato (2) limo e argillalimo con argilla	3	0,40-1,20	3	Navfac 1971-1982	0,51
Strato (3) limo debolmente argilloso	13	1,20-2,20	13	Navfac 1971-1982	2,73
Strato (4) ghiaia limosa	38	2,20-3,80	26,5	Navfac 1971-1982	5,10

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) terreno vegetale	6	0,00-0,40	Terzaghi-Peck	36,77
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	Terzaghi-Peck	66,19
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	Terzaghi-Peck	72,86

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	6	0,00-0,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	6,18
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	10,18
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	11,18

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale	6	0,00-0,40	Schultze	4,77
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	Schultze	9,28
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	Schultze	10,40

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	6	0,00-0,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale	6	0,00-0,40	Meyerhof	17,75
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	Meyerhof	19,32
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	Meyerhof	19,52

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale	6	0,00-0,40	Meyerhof	18,53
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	Meyerhof	21,28

Strato (4) limo	11	3,00-3,60	Meyerhof	21,48
--------------------	----	-----------	----------	-------

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	6	0,00-0,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	68,37
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	99,84
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	130,42

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	10	Gibbs & Holtz 1957	37,4
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	Gibbs & Holtz 1957	47,88
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	Gibbs & Holtz 1957	31,07
Strato (5) ghiaia limosa	54	3,60-4,40	54	Gibbs & Holtz 1957	66,79

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	10	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	29,86
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	32,71
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30,14
Strato (5) ghiaia limosa	54	3,60-4,40	54	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	42,43

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	10	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	---
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	32,36
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	25,74
Strato (5) ghiaia limosa	54	3,60-4,40	54	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	57,37

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (2)	10	0,40-1,40	10	Begemann 1974	4,71

limo				(Ghiaia con sabbia)	
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6,72
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,91
Strato (5) ghiaia limosa	54	3,60-4,40	54	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	13,57

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	10	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5) ghiaia limosa	54	3,60-4,40	54	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	10	Meyerhof ed altri	16,97
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	Meyerhof ed altri	19,52
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	Meyerhof ed altri	17,26
Strato (5) ghiaia limosa	54	3,60-4,40	54	Meyerhof ed altri	22,06

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	10	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,83
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,42
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,83
Strato (5) ghiaia limosa	54	3,60-4,40	54	Terzaghi-Peck 1948-1967	21,18

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	10	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	(A.G.I.)	0,31
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	(A.G.I.)	0,33
Strato (5)	54	3,60-4,40	54	(A.G.I.)	0,25

ghiaia limosa					
---------------	--	--	--	--	--

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	10	Ohsaki (Sabbie pulite)	55,52
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	Ohsaki (Sabbie pulite)	106,51
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	Ohsaki (Sabbie pulite)	60,72
Strato (5) ghiaia limosa	54	3,60-4,40	54	Ohsaki (Sabbie pulite)	270,95

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	10	Ohta & Goto (1978) Limi	99,84
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	Ohta & Goto (1978) Limi	133,75
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	Ohta & Goto (1978) Limi	130,42
Strato (5) ghiaia limosa	54	3,60-4,40	54	Ohta & Goto (1978) Limi	178,25

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
Strato (2) limo	10	0,40-1,40	10	Navfac 1971-1982	2,10
Strato (3) ghiaia limosa	20	1,40-3,00	20	Navfac 1971-1982	4,05
Strato (4) limo	11	3,00-3,60	11	Navfac 1971-1982	2,31
Strato (5) ghiaia limosa	54	3,60-4,40	54	Navfac 1971-1982	8,79

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	Terzaghi-Peck	66,19

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	10,18

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	Schultze	9,28

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	Meyerhof	19,32

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	Meyerhof	21,28

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	105,54

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0.00-0,60	14	Gibbs & Holtz 1957	47,86
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	Gibbs & Holtz 1957	36,17
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	Gibbs & Holtz 1957	59,18

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Angolo d'attrito
-------------	------	--------------	-------------------	--------------	------------------

		(m)	presenza falda		(°)
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0,00-0,60	14	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	31
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	29,86
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	36,14

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0,00-0,60	14	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	27,95
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	---
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	41,19

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0,00-0,60	14	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,51
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,71
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	9,14

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0,00-0,60	14	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0,00-0,60	14	Meyerhof ed altri	18,14
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	Meyerhof ed altri	16,97
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	Meyerhof ed altri	21,08

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo
-------------	------	---------------------	-------------------------------------	--------------	-----------------------------

					(KN/m³)
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0.00-0,60	14	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,02
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,83
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,10

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0.00-0,60	14	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0.00-0,60	14	Ohsaki (Sabbie pulite)	76,17
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	Ohsaki (Sabbie pulite)	55,52
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	Ohsaki (Sabbie pulite)	165,68

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0.00-0,60	14	Ohta & Goto (1978) Limi	85,6
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	Ohta & Goto (1978) Limi	105,54
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	Ohta & Goto (1978) Limi	146,33

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
Strato (1) riporto, terreno vegetale	14	0.00-0,60	14	Navfac 1971-1982	2,93
Strato (2) limo	10	0,60-1,80	10	Navfac 1971-1982	2,10
Strato (3) ghiaia limosa	32	1,80-2,80	32	Navfac 1971-1982	5,88

Hattusas s.r.l.

consulenze e servizi nel vasto campo della geologia e dell'ambiente – rilevazioni gas radon e inquinamento indoor



sede legale:

Via Roma, 37 – 24060 – Castelli Calepio (BG)

sede operativa:

Via Vespucci, 47 – 24050 – Grassobbio (BG)

tel.

035 4425112

e-mail:

info@hattusas.it

PEC:

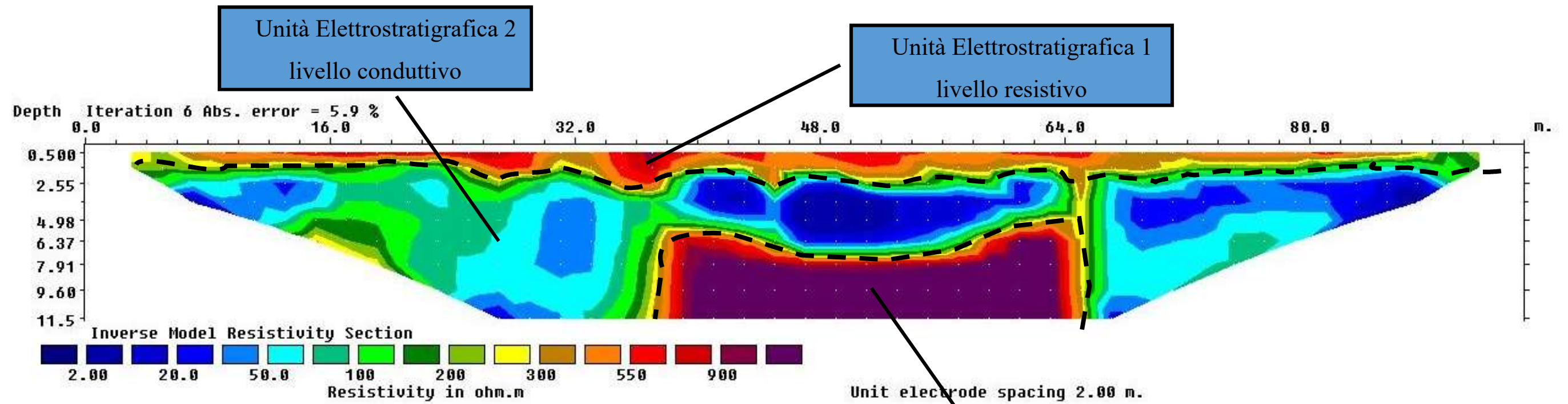
info@pec.hattusas.it

WEB:

www.hattusas.it

SEZIONI

GEOELETTRICHE

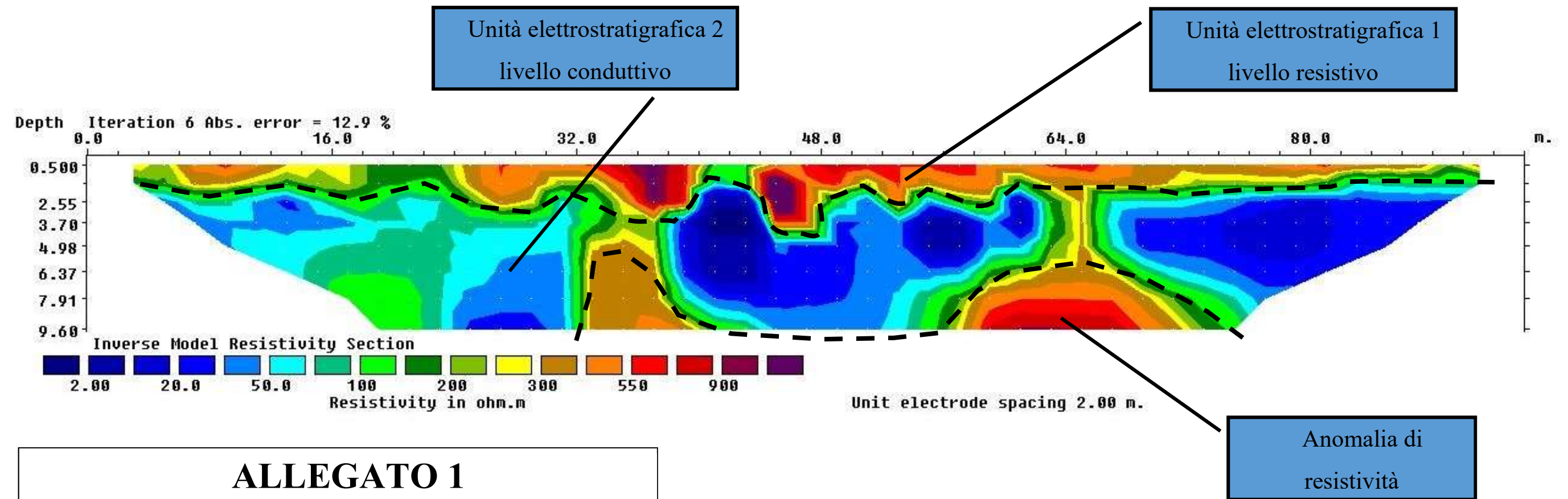


ALLEGATO 1

Sezione Elettrostratigrafica GE-04

Via Calvarola

“Metodo Wenner”

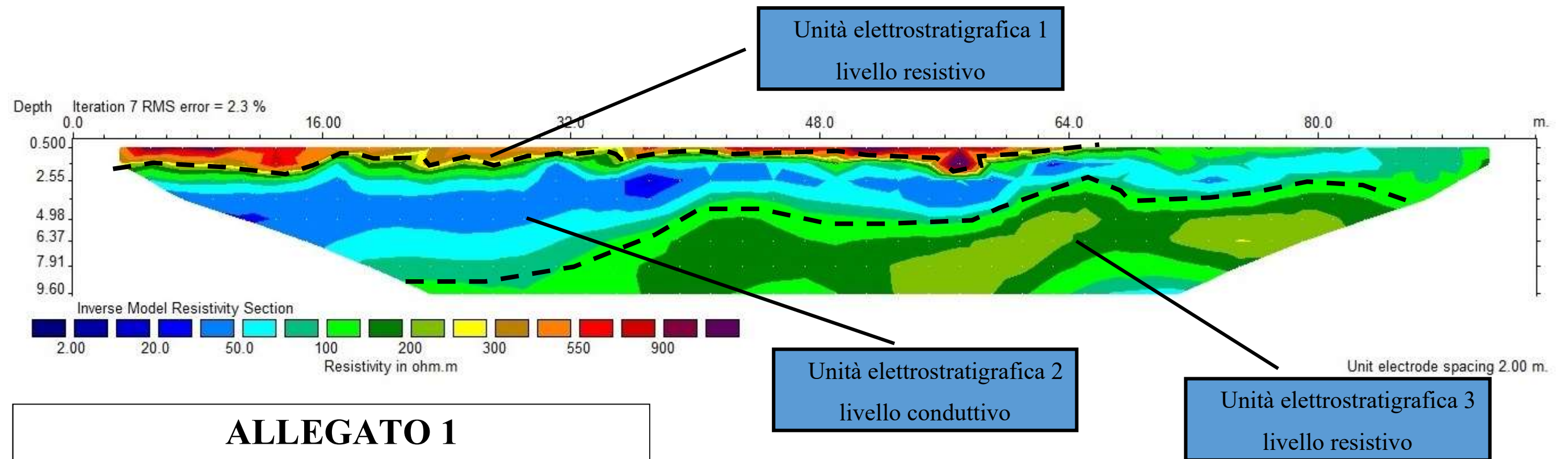


ALLEGATO 1

Sezione Elettrostratigrafica GE-04

Via Calvarola

“Metodo Wenner - Schlumberger”

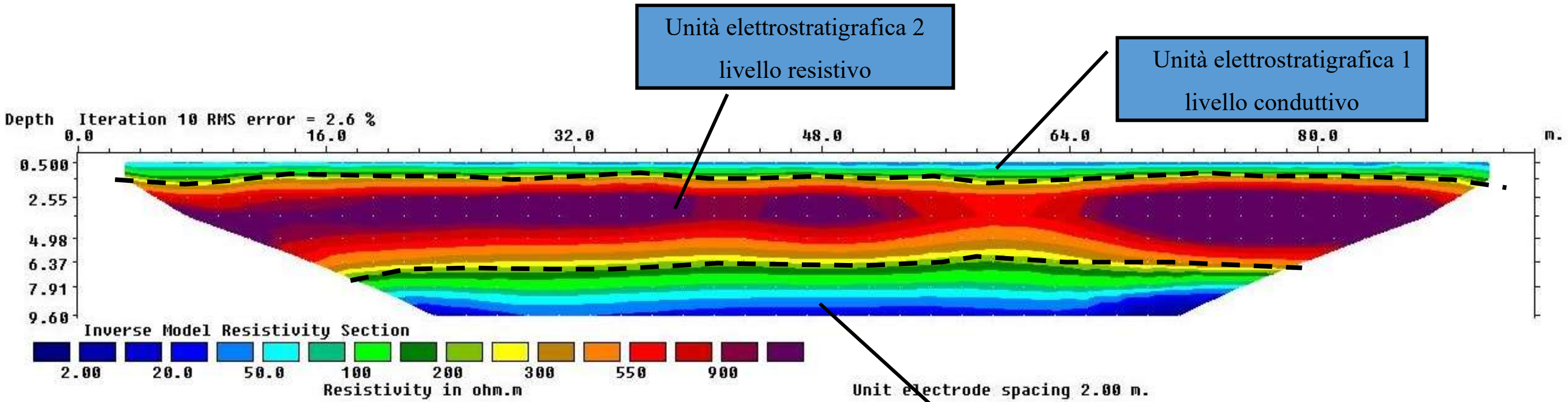


ALLEGATO 1

Sezione Elettrostratigrafica GE-01

Deposito Granulati Brignoli

“Metodo Wenner - Schlumberger”

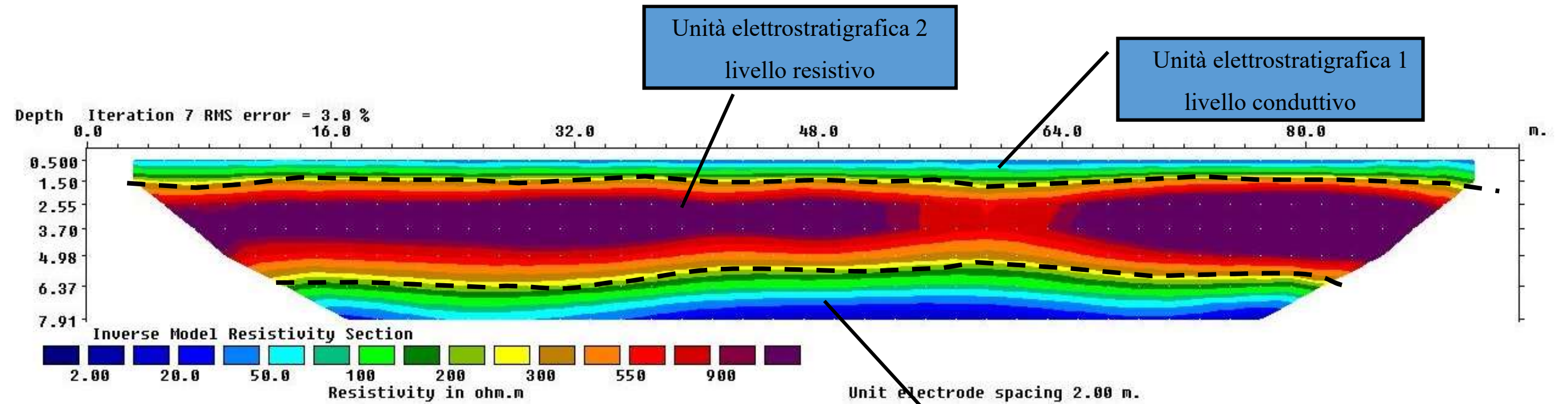


ALLEGATO 1

Sezione Elettrostratigrafica GE-02

Pista Ciclabile

“Metodo Wenner”

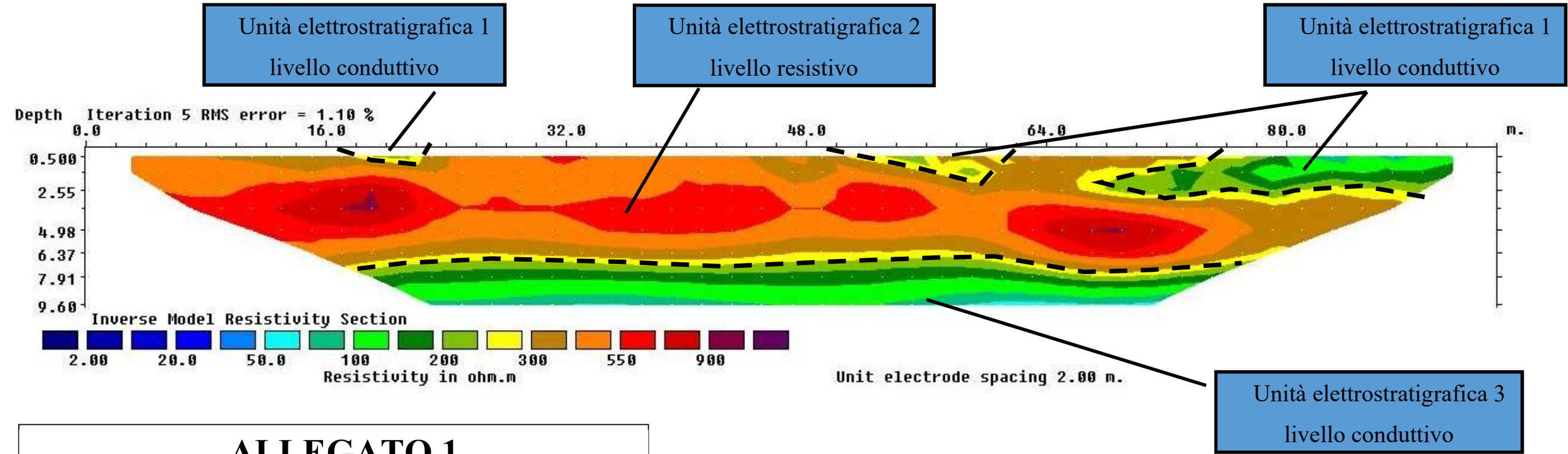


ALLEGATO 1

Sezione Elettrostratigrafica GE-02

Pista Ciclabile

“Metodo Wenner - Schlumberger”

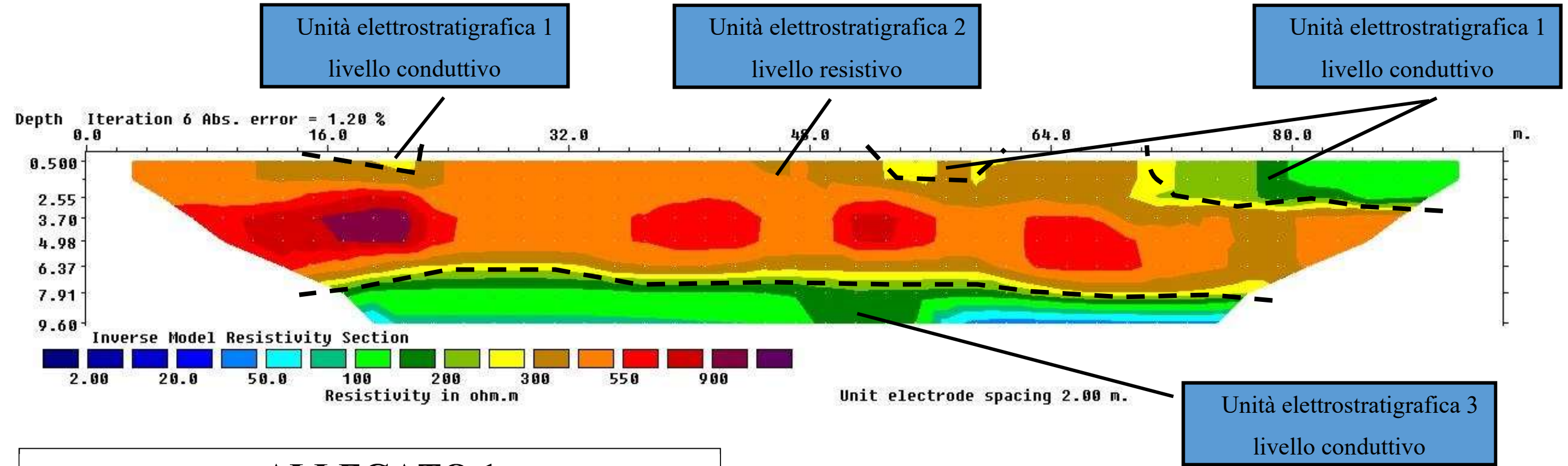


ALLEGATO 1

Sezione Elettrostratigrafica GE-03

Serre

“Metodo Wenner”



ALLEGATO 1

Sezione Elettrostratigrafica GE-03

Serre

“Metodo Wenner - Schlumberger”

Hattusas s.r.l.

consulenze e servizi nel vasto campo della geologia e dell'ambiente – rilevazioni gas radon e inquinamento indoor



sede legale:	Via Roma, 37 – 24060 – Castelli Calepio (BG)
sede operativa:	Via Vespucci, 47 – 24050 – Grassobbio (BG)
tel.	035 4425112
e-mail:	info@hattusas.it
PEC:	info@pec.hattusas.it
WEB:	www.hattusas.it

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

I PROFESSIONISTI INCARICATI:

RAFFAELLO CATTANEO – Landscape and architecture

Arch. Paes. Raffaello Cattaneo

ETATEC s.r.l.

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

YDROS INGEGNERIA

Dott. Ing. Giovanni Pezzucchi

ARCHEO STUDI BERGAMO s.r.l.

Dott.ssa Mariagrazia Vitali

HATTUSAS s.r.l.

Dott. Geol Fabio Massimo Plebani

Dott. Geol. Andrea Gritti

ECOGEO s.r.l.

Dott. Geol. Diego Marsetti