

resGEO studio associato di geologia di G. Rizzi e B. Musante
via E. Fico, 32/1 - 16039 Sestri Levante (GE)
tel 0185-1871104 email info@resgeo.it

COMUNE DI COGORNO
(Città Metropolitana di Genova)




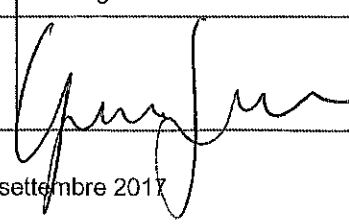
*Interventi di mitigazione del rischio idraulico e messa in sicurezza
del centro abitato di San Salvatore in Comune di Cogorno
tratti terminali fossato di San Salvatore e rio Pessa*

(Piano di Bacino stralcio - D.L. 180/98 e ss.mm.ii. - ambito 16 fiume Entella)
STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
(D.Lgs. n° 50/2016 - art. 23 - c. 6)

RELAZIONE GEOLOGICA

(D.M. 14/01/2008 e Circolare n. 617 del 02/02/2009)

COMMITTENTI: COMUNE DI COGORNO

PREPARATO DA	dott. geol. Barbara Musante	 	1^ EMISSIONE	ottobre 2014
			REVISIONE	settembre 2017
CONTROLLATO DA	dott. geol. Giovanni Rizzi		OSSERVAZIONI	
				
Sestri Levante, settembre 2017				

COMUNE DI COGORNO

(CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA)

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

E MESSA IN SICUREZZA DEL CENTRO ABITATO DI SAN SALVATORE

TRATTI TERMINALI FOSSATO SAN SALVATORE E RIO PESSA

(Piano di Bacino Stralcio – D.L. 180/98 e ss.mm.ii. – Ambito 16 Fiume Entella)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

COMMITTENTE: COMUNE DI COGORNO

PROGETTISTA: STUDIO ASSOCIATO ING. SERGIO BRIZZOLARA – ING. STEFANO STURLA

INDICE DEI CAPITOLI

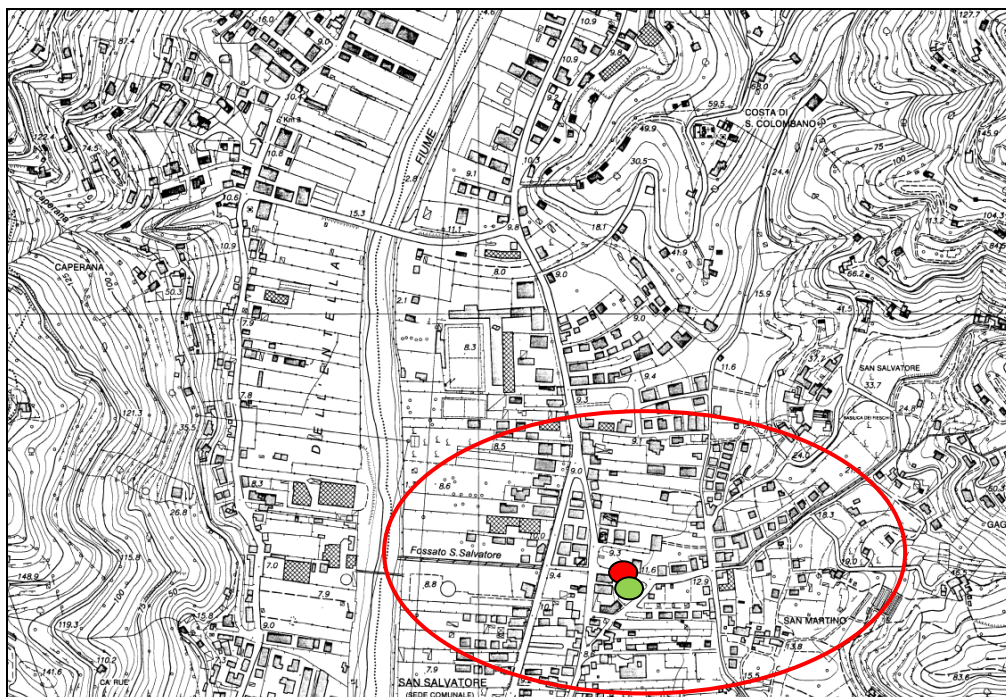
1. *PREMESSE*
2. *INQUADRAMENTO NORMATIVO*
3. *INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO*
4. *VALUTAZIONE IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO DEL CORSO D'ACQUA*
5. *INDAGINE SISMICA*
 - 5.1 *STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA APPLICATA*
 - 5.2 *LOCALIZZAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI*
 - 5.3 *CONCLUSIONI E DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO Vs30*
6. *SONDAGGIO GEOGNOSTICO*
 - 6.1 *STRATIGRAFIA*
 - 6.2 *PROVE IN SITU: STANDARD PENETRATION TEST*
7. *ANALISI DI LABORATORIO*
8. *PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA*
9. *CARATTERIZZAZIONE SISMICA*
10. *CRITICITA' ALLA LIQUEFAZIONE*
11. *CONCLUSIONI*

ALLEGATI

- TAV. 1: *COROGRAFIA*
TAV. 2: *CARTA DELLA RETE IDROGRAFICA SIGNIFICATIVA*
TAV. 3: *CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO*
TAV. 4: *CARTA DELLE FASCE DI INONDABILITÀ*
TAV. 5: *SCHEMA STRATIGRAFICO*
TAV. 6: *STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA*
TAV. 7: *SEZIONE GEOELETTRICA*
TAV. 8: *BACINO DEI CORSI D'ACQUA*
TAV. 9: *UBICAZIONE PROSPEZIONE GEOFISICA*
TAV. 10: *STRATIGRAFIA CAROTAGGIO*
TAV. 11: *PLANIMETRIA TECNICA*
TAV. 12: *PROFILO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO LONGITUDINALE*

1. PREMESSE

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto del progetto di fattibilità tecnica ed economica relativo alle condizioni di deflusso idraulico dei tratti terminali del fossato San Salvatore (circa 500m ml a valle della confluenza con il rio Pessa sino allo sfocio nel fiume Entella e circa 160m a monte della stessa confluenza) e del rio Pessa (circa 700m a monte della confluenza con il fossato San Salvatore).



TAV. 1: Corografia: settore di interesse

Sondaggio geognostico S1 ●

Prospezione geofisica ●

L'area è caratterizzata da un tessuto urbano piuttosto continuo in un contesto a morfologia pianeggiante, tipica del fondovalle costituito dall'ampia piana associata al fiume Entella, in corrispondenza della conoide alluvionale relativa al tributario di sinistra rio della Pessa (poi fossato San Salvatore).

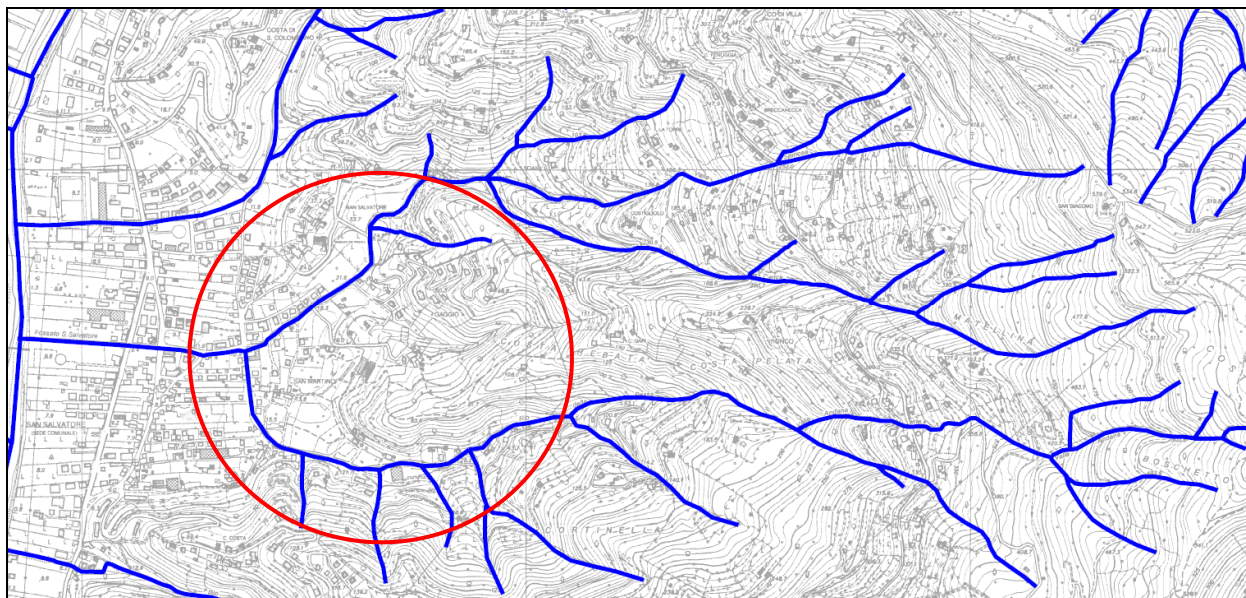
Al fine di fornire un inquadramento geologico concreto sulle condizioni del territorio sono state importati e riletti dati relativi a precedenti campagne geognostiche svolte dagli scriventi nello stesso ambito (cfr. Tav. 1 - Corografia); conseguentemente l'articolazione dell'indagine è stata la seguente:

- Analisi bibliografia disponibile
- Rilevamento geologico-geomorfologico di superficie
- indagine sismica finalizzata alla determinazione dei rapporti spettrali HV
- n°1 sondaggio a carotaggio continuo, denominato S1, spinto alla profondità di -25m da pc
- n°4 prove in situ di tipo SPT (Standard Penetration Test)
- analisi geotecniche di laboratorio

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Per quanto attiene gli strumenti normativi vigenti è stata consultata la cartografia allegata al Piano di Bacino 180/98 (Ambito 16) che ha evidenziato le zonizzazioni di seguito riportate in stralcio.

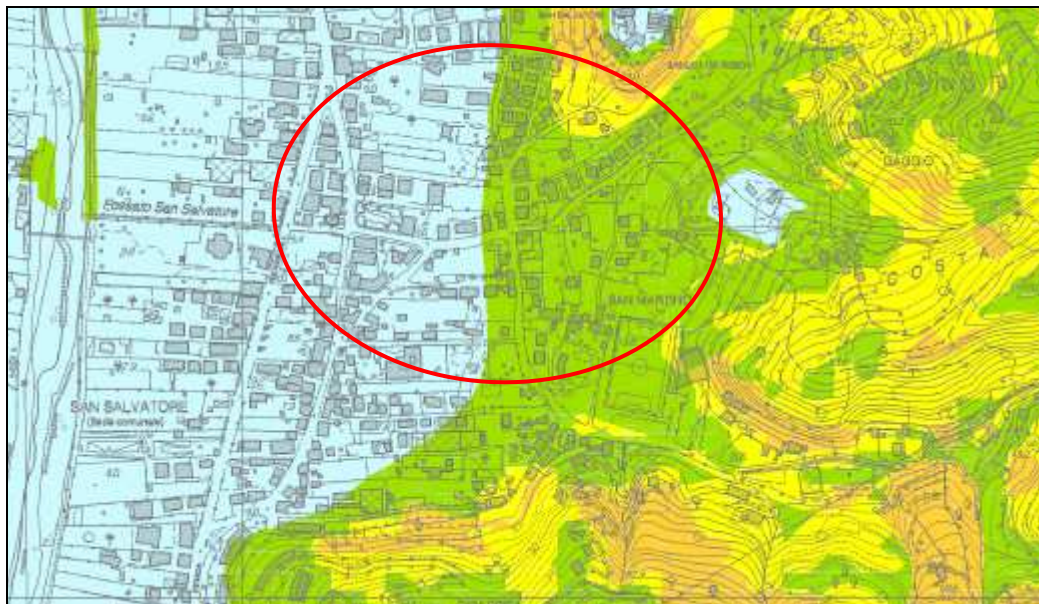
TAV. 2: CARTA DELLA RETE IDROGRAFICA SIGNIFICATIVA: l'intervento interessa un tratto di rivo classificato nel reticolo idrografico, affluente di sinistra del Fiume Entella



—— Limite del Piano di Bacino

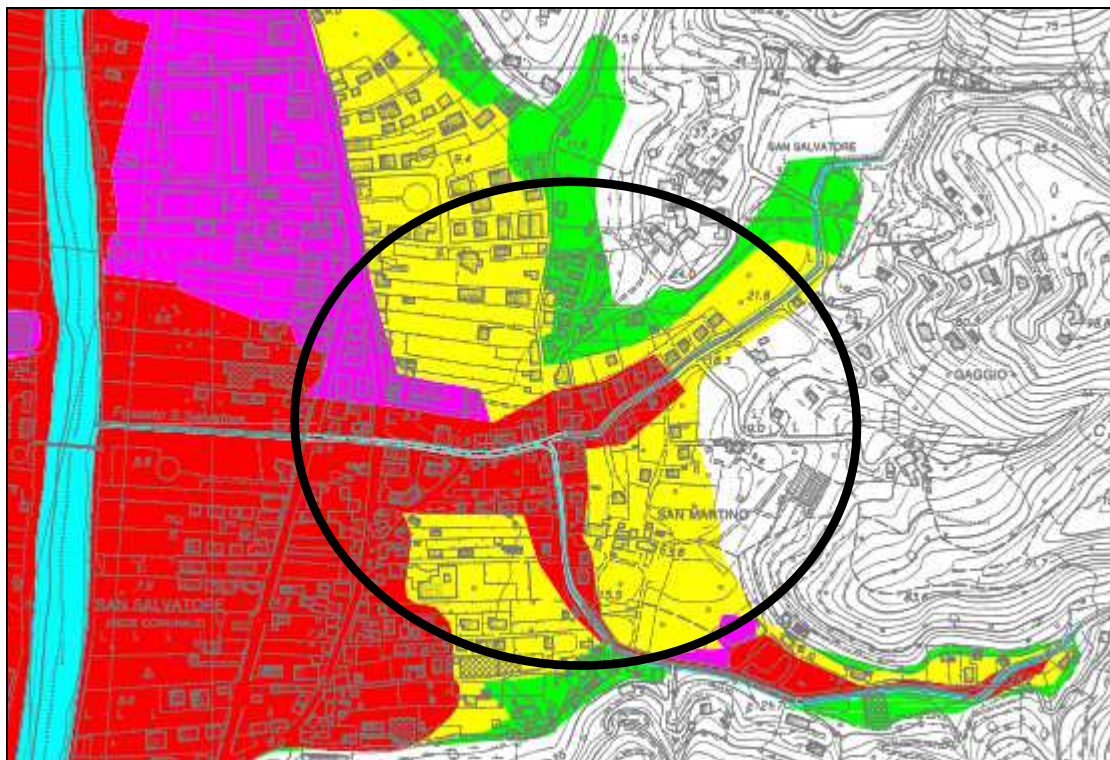
—— Reticolo idrografico














TAV. 3: CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO: area a Suscettività molto bassa (Pg0)



CLASSI DI SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO			NORME DI ATTUAZIONE
	MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2 Art. 16ter
	ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3 Art. 16ter
	ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter Art. 16ter
	MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
	BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
	MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
CLASSI SPECIALI			
	TIPO A - Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio		Art. 16bis, c. 2
	TIPO B ₁ - Cave inattive e miniere abbandonate		Art. 16bis, c. 3
	TIPO B ₂ - Discariche dismesse e rifiuti antropici		Art. 16bis, c. 5
	Area di costa alta/falesia attiva per le quali si rinvia al Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero Approvato con DCR n. 18 del 25/09/2012		

TAV. 4: CARTA DELLE DELLE FASCE DI INONDABILITÀ: la zona è soggetta ad inondabilità per portate con tempi di ritorno cinquantennali



FASCE FLUVIALI		NORME DI ATTUAZIONE
	FASCIA A	Art. 15, c. 2
	FASCIA A*	Art. 15, c. 4bis
	FASCIA B	Art. 15, c. 3
	FASCIA B* (Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini non sufficienti)	Art. 15, c. 4bis
	FASCIA C	Art. 15, c. 4
	FASCIA C (Aree storicamente inondate in tratti indagati)	Art. 15, c. 4
	ALVEO	Art. 13
	ALVEO TOMBINATO	Art. 13
CRITICITÀ IDRAULICHE PUNTUALI		
	Manufatto o copertura non verificata per T=50 anni	
	Manufatto o copertura non verificata per T=200 anni	
	Manufatto o copertura non verificata per T=500 anni	
	Proiezione dei viadotti	
	Limite del bacino	

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO

Lo schema geologico a scala territoriale propone una serie sedimentaria che si trova a contatto con le rocce verdi sul limite occidentale della zona ofiolitica della Val Graveglia e del Bargonasco, nell'entroterra della costa compresa tra Lavagna e Sestri Levante.

In corrispondenza di tale limite compaiono di volta in volta i vari tipi di ofioliti, i diaspri, i calcari a Calpionelle tipo maiolica, entrambi strettamente associati al primo termine della serie.

La serie geologica degli affioramenti ofiolitici di val Graveglia-Bargonasco è costituita, a partire dal termine più antico, da serpentiniti, gabbri, basalti, ai quali seguono i diaspri ed i calcari a Calpionella.

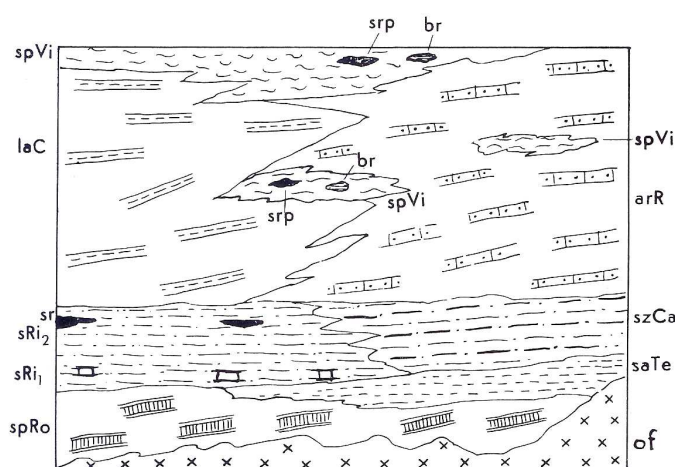
La serie cretacea, costituita da diversi livelli di Argilloscisti, Ardesie, Arenarie di M.te Ramaceto (compresa tra il Titoniano-Berriasiano e il Turoniano), si estende verso l'alto in continuità con la serie precedente e si sviluppa arealmente verso Ovest e Sud-Ovest a partire dal limite suddetto, modellando anche i rilievi retrostanti le cittadine di Lavagna, Cogorno e Chiavari.

La continuità della serie sedimentaria si interrompe in prossimità della Collina delle Grazie (Chiavari) e lungo l'incisione del retrostante rio Campodonico (affluente di destra del torrente Rupinaro) per l'affioramento della Formazione dei Flysch di Monte Antola, costituita da alternanze ritmiche di banchi calcareo-marnosi, arenarie micacee, argilloscisti e strati argilloso-marnosi.

La Formazione dei Calcari di Monte Antola caratterizza inoltre, come noto, l'intero versante litoraneo tra Chiavari e Genova, salvo il localizzato mascheramento dovuto ai Conglomerati oligocenici di Portofino sull'omonimo promontorio.

Il settore di interesse è ubicato sulla sponda orografica sinistra del Fiume Entella, sull'estesa piana alluvionale che caratterizza il corso d'acqua stesso. Sul versante in destra, opposto a quello di interesse (territorio di Chiavari), affiora la Formazione delle Argille a palombini mentre in sinistra (territorio di Cogorno), a partire dalle prime propaggini collinari, si riscontra il pendio

costituito dalla Formazione delle Ardesie (Tav. 2), interrotta localmente e per un breve areale dalla facies degli Scisti argillosi manganiferi, lastroidi con intercalazioni di scisti rossi e di arenarie quarzose compatte (R. Terranova: "La serie cretacea degli argiloscisti fra le valli dei Torrenti Entella e Petronio (Appennino Ligure)" - Atti dell'Istituto di Geologia dell'Università di Genova – Anno IV, 1966 – Volume I, Fascicolo I. Dalla succitata pubblicazione viene di seguito proposto lo schema stratigrafico riassuntivo; in legenda vengono riportate le attuali attribuzioni formazionali.



TAV. 5: SCHEMA STRATIGRAFICO

Dove:

F. delle Argilliti di Giaiette

spVi: Argiloscisti policromi con intercalazioni di scisti rossi (srp) e di brecce poligeniche (br)
(S. Vittoria di Libiola)

F. delle Arenarie del M.te Gottero

arR: Arenarie di M.te Ramaceto

F. di Val Lavagna

laC: Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi con intercalazioni di arenarie, argiloscisti e calcareniti (M. Capenardo)

szCa: Scisti argillosi grigi e scisti argilloso-arenacei bruni alternanti (argiloscisti zonati di Castagnola)

sRi2: Scisti argillosi manganiferi, con intercalazioni di scisti rossi (sr) e di arenarie quarzose (Valle Rigone)

sRi1: Scisti argillosi grigi con intercalazioni di calcari argillosi pseudopalombini (Valle Rigone)

saTe: Argiloscisti e scisti argilloso-arenacei con straterelli di fini arenarie (Terisso)

F. delle Argille a Palombini

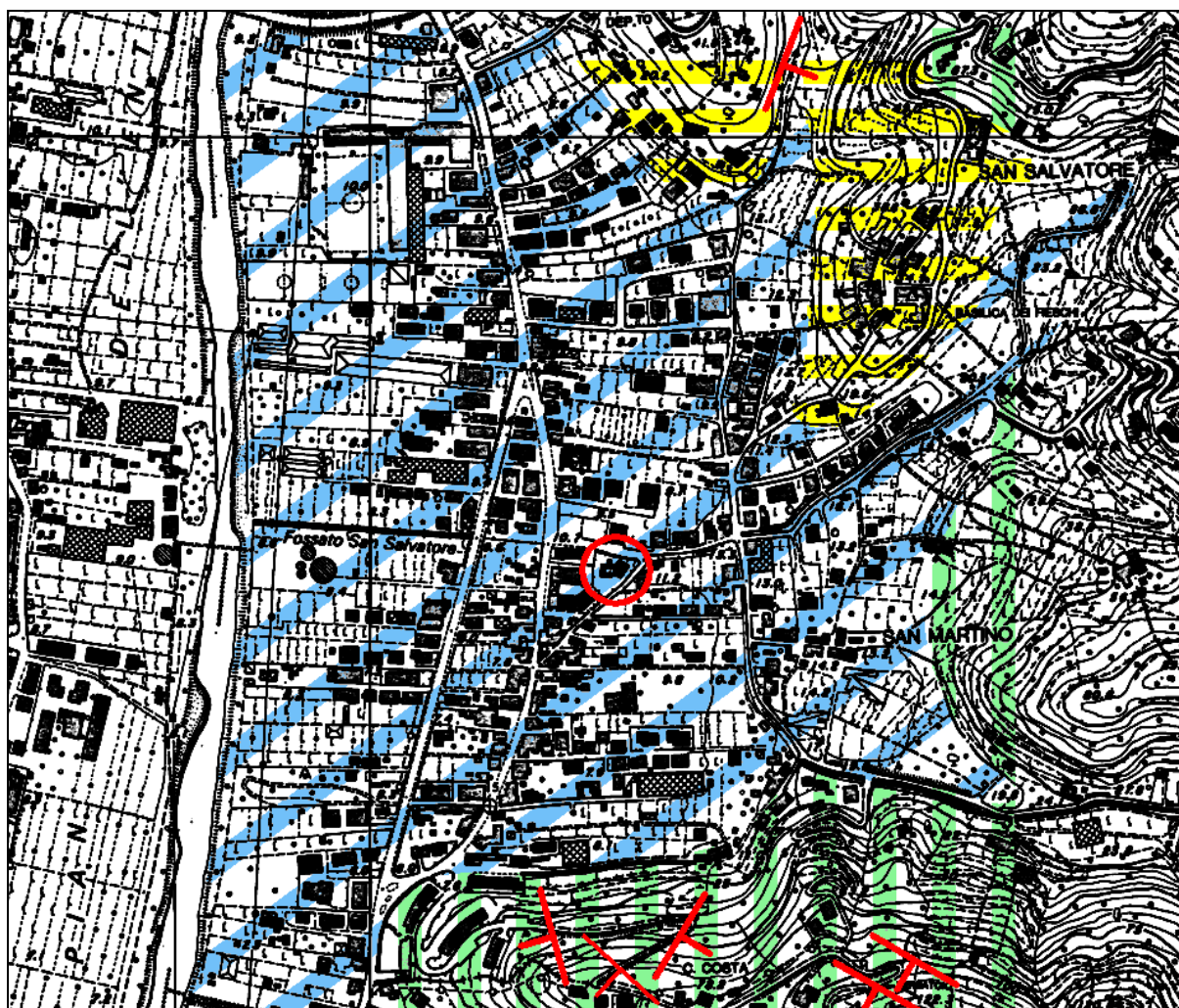
spRo: Scisti argillosi e argilloso-marnosi con intercalazioni di calcari palombini (S. Rocco di Zerli)

Basamento Ofiolitico

of: Ofioliti della Val Graveglia e del Bargonasco

Di seguito viene inoltre proposta una carta geologica di dettaglio della zona su base C.T.R.

TAV. 6: STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA



PIANA ALLUVIONALE



FORMAZIONE DELLE ARDESIE



FORMAZIONE DEGLI SCISTI DI VAL LAVAGNA



GIACITURE DI STRATO



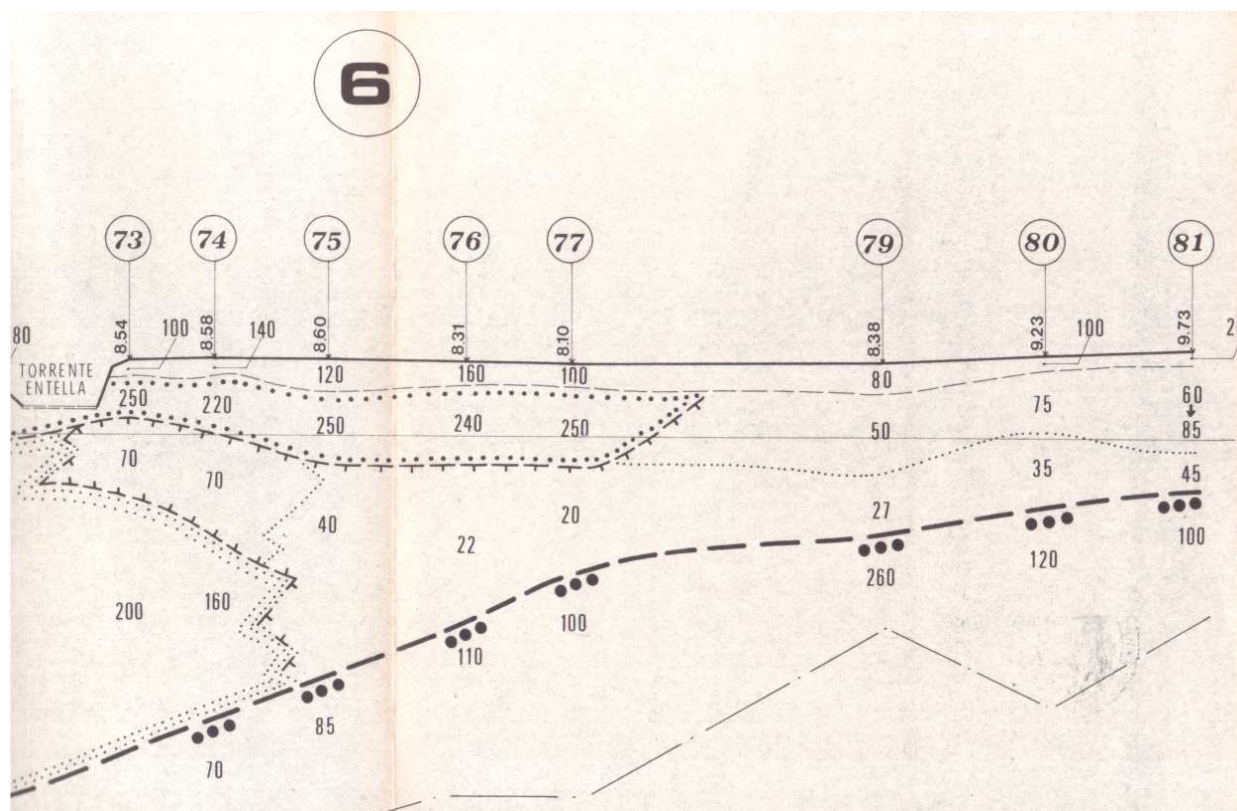
AREA SOTTOPOSTA AD INDAGINI GEOGNOSTICHE (SCUOLA)

Sotto il profilo geomorfologico, ricerche bibliografiche sulla piana dell'Entella permettono di estrapolare utili informazioni sia in ordine all'andamento del paleoalveo che in ordine alla granulometria delle alluvioni (Cortemiglia G.C., De Stefanis A., Marini M., Terranova R. - L'idrogeologia del bacino del T. Entella nel quadro di un programma di gestione e protezione delle falde acquifere nella Provincia di Genova – Atti del 3° Convegno internazionale sulle acque sotterranee – Palermo 1975).

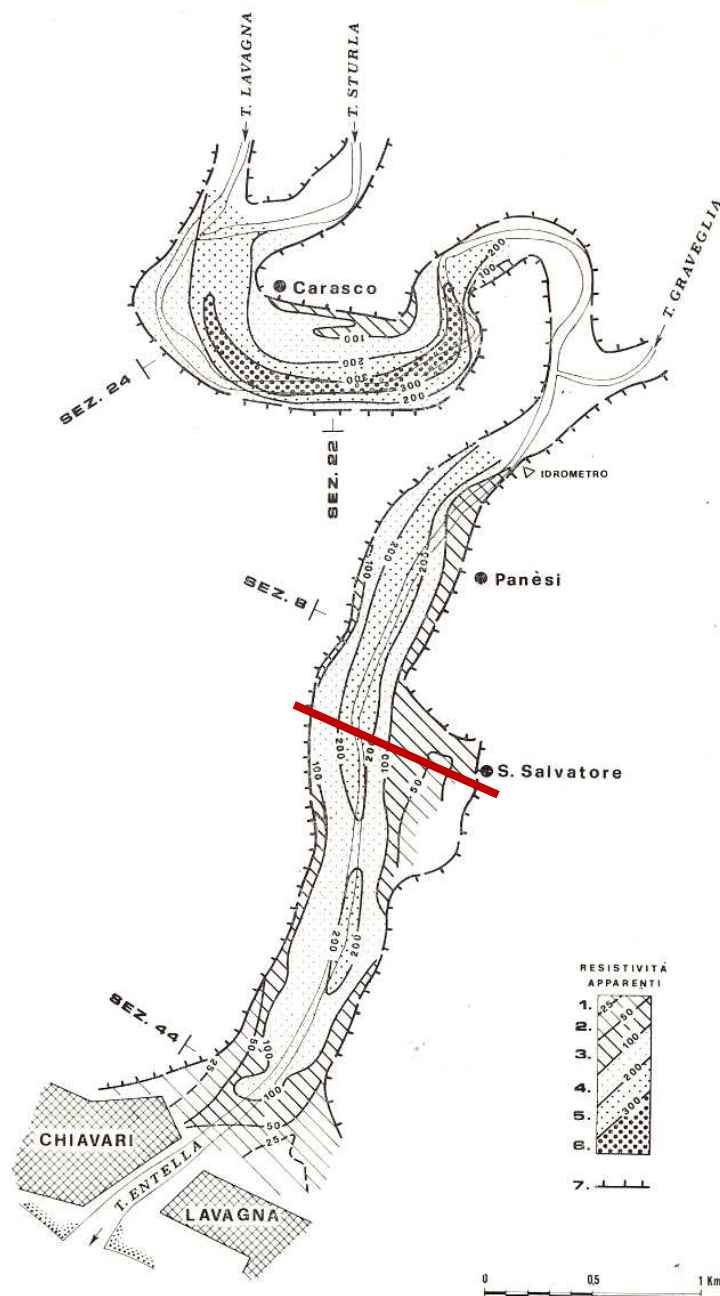
L'indagine geoelettrica di cui sopra ha mostrato che quasi tutto l'alveo alluvionale del fiume Entella è costituito da alluvioni più o meno grossolane, abbastanza omogenee fino ad almeno 1,5km dalla foce; solo in questo ultimo tratto, che forma il delta recente del corso d'acqua, le alluvioni grossolane profonde sono isolate da quelle superficiali sature da un orizzonte limoso che impedisce l'ulteriore alimentazione delle falde profonde.

Anche perifericamente alla piana nella zona di San Salvatore si riscontra l'estensione di un orizzonte a granulometria fine da ascrivere evidentemente ad apporti dai versanti ma anche alla formazione di ambienti acquitrinosi di "stanca fluviale".

Viene di seguito proposta una rappresentazione grafica delle situazioni geomorfologiche e stratigrafiche ipotizzabili lungo la piana ricavate attraverso prospezioni geoelettriche, tratta dalla pubblicazione di Cortemiglia et al. del 1975, richiamando altresì la sez. 6 interessante specificatamente l'areale di San Salvatore.



TAV. 7: SEZIONE GEOELETTRICA



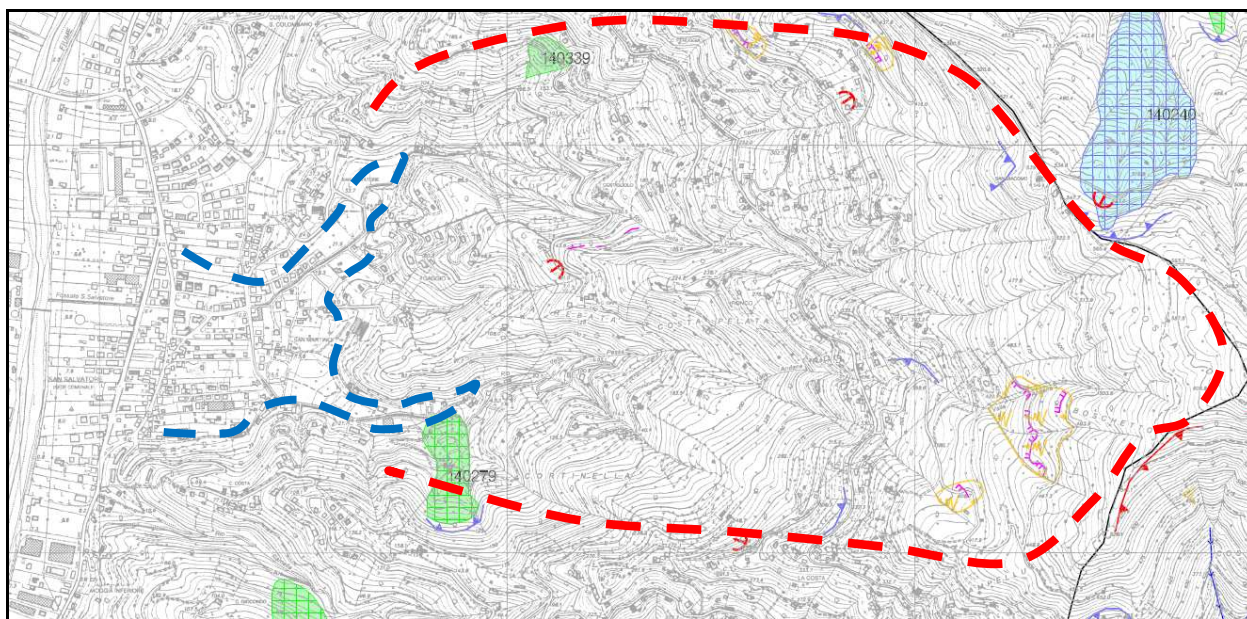
TAV. 7 BIS: UBICAZIONE SEZIONE GEOELETTRICA - *Carta delle resistività delle piane più importanti del T. Entella con delimitazione della pianura (linea a denti); nella scala delle resistività apparenti, i rigati si riferiscono a complessi prevalentemente argillosi, mentre i puntinati si riferiscono a complessi prevalentemente ghiaioso-ciottolosi. L'estensione del profilo del bedrock verso il pendio retrostante la piana, lascia immaginare un rapido ridimensionamento del materasso di copertura in termini di spessore.*

4. VALUTAZIONI IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO DEL CORSO D'ACQUA

Come noto, uno degli aspetti più delicati in ordine all'adeguatezza delle sezioni idrauliche durante fenomeni alluvionali è rappresentato dal possibile trasporto solido dei corsi d'acqua in funzione della "stabilità geomorfologica" dei pendii attraversati.

L'esteso bacino del fosso San Salvatore e del rio Pessa ha origine sul crinale di Costa San Giacomo ed attraversa un versante caratterizzato da numerosi impluvi secondari variamente orientati cui corrispondono altrettanti fossi.

Sostanzialmente le aste torrentizie scorrono in gran parte discretamente incise, sia nel tratto a monte che in quello mediano (in colore rosso nella planimetria seguente) mentre nelle zone più a valle (in colore azzurro) i percorsi "pseudopianeggianti" non si limitano all'attraversamento della piana dell'Entella (tratti terminali) ma si estendono alle conoidi presenti alla chiusura delle principali vallecole.



TAV. 8: BACINO DEI CORSI D'ACQUA

Nelle prime due zone citate (tratti sommitali e mediani) i corsi d'acqua scorrono

frequentemente su roccia affiorante o subaffiorante e dunque sono infrequenti fenomeni di erosione di fondo tuttavia la forte acclività dei versanti può generare instabilità coinvolgenti sia le coltri di copertura che il cappellaccio roccioso, anche in relazione allo stato manutentivo del territorio che non appare sempre efficace e periodico.

Nella terza zona (tratto terminale) il rio - che scorre come detto sui depositi delle conoidi e sulla piana alluvionale pseudo pianeggiante - è vulnerabile a depositi di materiali trasportati dalle acque anche in rapporto alla repentina diminuzione della sua pendenza.

Riguardo le caratteristiche del materiale eventualmente trasportato, per le ragioni anzidette, esso è ascrivibile prevalentemente a coltri eluvio-colluviali (dunque a granulometria medio-fine) ed a detriti conseguenti al crollo di muri di fascia.

5. INDAGINE SISMICA

Pur essendo nella fase di progettazione preliminare è parso utile fornire alcuni inquadramenti circa gli aspetti geologici applicativi che dovranno necessariamente essere affrontati nelle successive fasi di progettazione definitiva-esecutiva attraverso prospezioni dirette come si dirà nel prosieguo della narrativa.

Obiettivo principale dell'indagine sismica effettuata in fregio all'Istituto scolastico già menzionato è stato la determinazione della stratigrafia sismica delle onde di taglio S onde consentire la determinazione della categoria del suolo di fondazione così come previsto dalla normativa D.M. 14/01/2008 – N.T.C.

L'indagine sismica effettuata è consistita in una misura dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontale e verticale, per ottenere l'andamento 1D (sondaggio verticale) delle velocità V_s ; da queste si è poi stimato il parametro V_{s30} ; la misura e l'interpretazione dei dati è stata effettuata seguendo le linee guida SESAME.

5.1 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA APPLICATA

Per l'indagine HVSR è stato impiegato il sismografo SR04 (con sensore da 2 Hz) della SARA Electronic Instruments.

Le caratteristiche del sismografo sono riportate nella tabella di seguito allegata.

Alimentazione:	10-16Vdc
Consumo di energia:	< 1 W
Numero canali:	3
Convertitore A/D:	24 bit ($\Sigma\Delta$)
Range dinamico:	124dB @ 100SPS
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	10,20,25,50,100,200 (standard) 300,400,480,600 (opzionali su richiesta)
Impedenza d'ingresso:	300 kOhm
Sensibilità:	2V p-p (119nV/count)
Compatibilità ingressi:	sensori elettrodinamici e sensori attivi (4V p-p con jumpers interni)
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincron. Real Time Clock:	da GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50µs
Antenna GPS:	amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
CPU:	AVR RISC processor @ 11.592MHz
Interfaccia dati sismici:	RS232 (Ethernet opzionale), cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20 (opzionale SADC20HS)
Velocità:	programmabile da 9600 a 115200 baud
Interfaccia dati GPS:	RS232
Formato dati:	NMEA; 4800 baud, n,8,1
Contenitore:	Alluminio pressofuso IP55
Temperatura operativa:	-30/+60°C
Dimensioni:	160x190x80 mm (senza sensori) 220x200x105 mm (con sensori)
Peso:	senza sensori: 1400g con sensori da 4.5Hz: 2400g con sensori da 2Hz: 3700g
Certificazioni:	CE (EN55022, EN55011)

Gli effetti di sito, secondo la teoria dei filtri lineari, si possono considerare come una delle trasformazioni che il segnale sismico $u(t)$ registrato in superficie subisce rispetto alla sorgente $s(t)$:

$$u(t) = s(t) * g(t) * e(t) * i(t)$$

essendo $g(t)$ la funzione di propagazione, $e(t)$ la funzione che descrive gli effetti di sito ed $i(t)$ la funzione che descrive le caratteristiche dello strumento di registrazione.

Gli effetti di sito sono determinati soprattutto dal contrasto di impedenza (prodotto densità velocità) causato dal passaggio dell'onda sismica all'interfaccia roccia-terreno. Inoltre la risposta sismica locale varia anche in base a caratteri geometrici e meccanici del sottosuolo, quali:

- irregolarità morfologiche superficiali e profonde;
- eterogeneità verticali, orizzontali e laterali;
- comportamento non-lineare e dissipativo dei terreni.

La valutazione degli effetti di sito può essere stimata tramite la tecnica dei rapporti spettrali (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr) tra le componenti orizzontale e verticale dei microtremori, cioè oscillazioni continue di suolo di piccola ampiezza (1 – 10 μ m) originate dalla sovrapposizione di effetti generati da sorgenti naturali e disturbi artificiali.

Le assunzioni principali della metodologia HVSr sono:

- I) i microtremori sono composti da diversi tipi di onde che si propagano in strati superficiali di terreno sovrapposti ad un substrato rigido in roccia;
- II) le sorgenti del microtremore sono locali; quindi si trascura qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde;
- III) le sorgenti superficiali non influiscono sulle caratteristiche del moto alla sommità del bedrock;
- IV) la componente verticale del moto non risente degli effetti di amplificazione da parte dello strato superficiale.
- V) i rapporti tra le componenti orizzontali $R_H(f)$ e verticali $R_V(f)$ in superficie e alla base dello strato sedimentario dipendono solo dall'ampiezza del moto misurato in superficie e alla base del bedrock.

Nakamura (1989) ha però trovato sperimentalmente che alla base dello strato superficiale, per tutte le frequenze, l'ampiezza della componente orizzontale è all'incirca la stessa di quella verticale, cioè pari ad 1, perciò si determina che la stima del fattore di amplificazione di sito $R(f)$ è data dal rapporto spettrale:

$$R(f) = H_s(f)/V_b(f)$$

Questa tecnica è estremamente vantaggiosa, poiché consente la valutazione della risposta di sito senza uno spettro di riferimento, come invece, avviene per un'altra tecnica (SSR: Standard

Spectral Ratios), in cui si utilizza un rapporto su spettri calcolati, su di una finestra temporale comune, tra il sito di riferimento su basamento roccioso ed i siti su terreni sedimentari.

5.2 LOCALIZZAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Le misure sono state effettuate in due diversi siti, C1 (entro i giardini antistanti la scuola e adiacenti alla via) e C2 (nel cortile sottostante la scuola, in prossimità della posizione del sondaggio meccanico a carotaggio continuo eseguito nella stessa occasione), in ciascuno dei punti di misura i microtremori sono stati acquisiti per 20min sulle tre componenti.



TAV. 9: UBICAZIONE PROSPEZIONE GEOFISICA

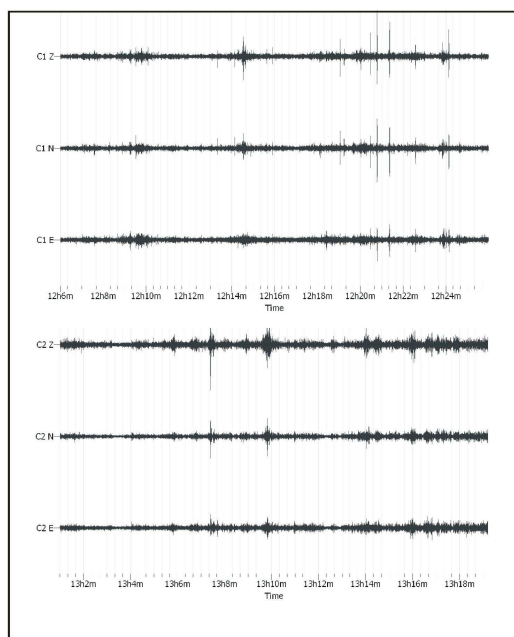


Localizzazione dei due punti di misura C1 e C2



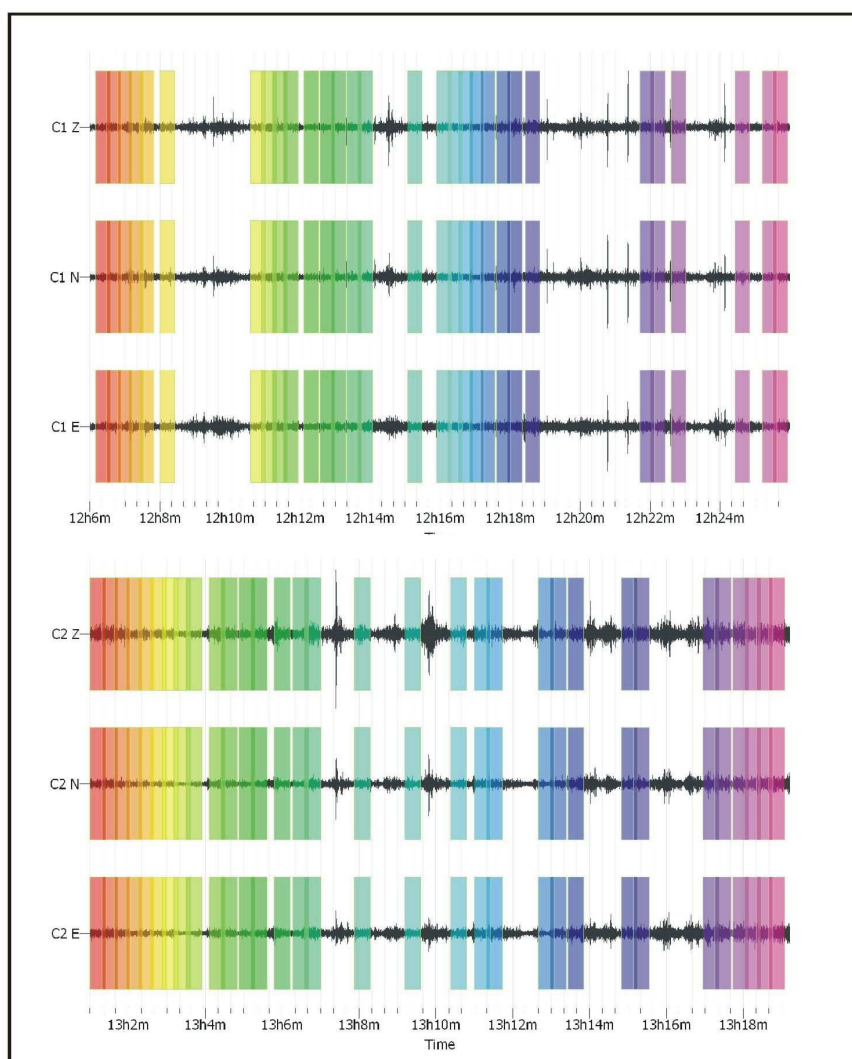
Tombinatura fossato San Salvatore

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Geopsy (SESAME, 2004) per ottenere le curve medie del rapporto spettrale HV.



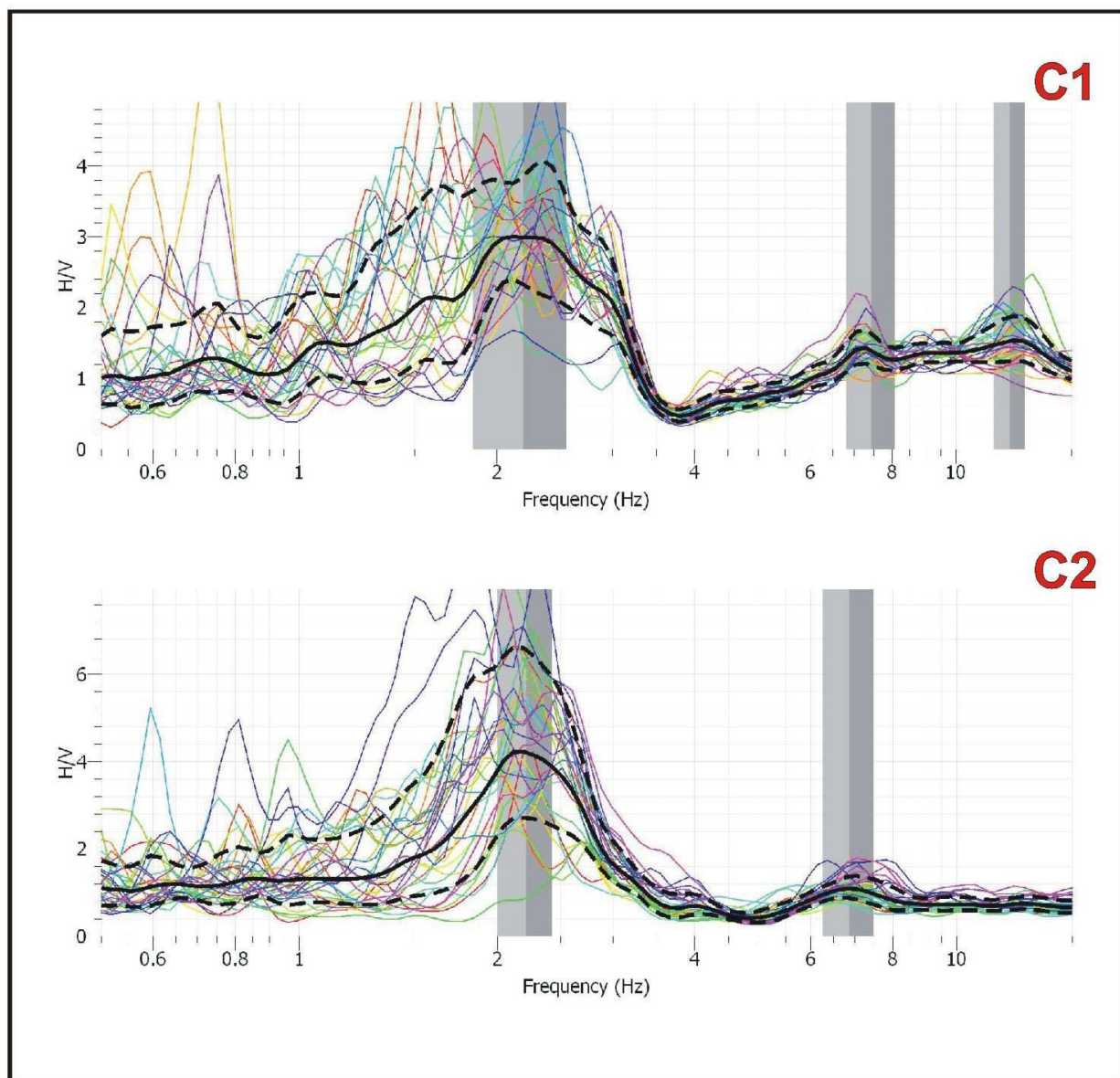
Registrazioni delle tre componenti nei due punti di misura C1 e C2.

I dati su cui poi eseguire il rapporto spettrale sono stati selezionati dai dati grezzi tramite un algoritmo 'antitrigger' basato sul confronto tra media a corto e lungo termine (STA/LTA, SESAME 2004). In questo modo si sono eliminati i transienti dovuti a sorgenti intense e ravvicinate che tipicamente sono non stazionari. Le finestre selezionate (ciascuna di 25s) sono presentate nella figura sottostante. I diversi colori identificano le diverse finestre in modo da poterne poi identificare gli spettri corrispondenti nella successiva figura.



Finestre di dati utilizzate per il calcolo dei rapporti spettrali per le due stazioni C1 e C2

Sulle sole finestre evidenziate nella figura sopra riportata si sono quindi calcolati i rapporti spettrali tra le componenti orizzontale e verticale. Gli spettri ottenuti per ciascuna finestra e la loro media geometrica sono presentati in figura. In essa è altresì visibile l'errore della stima dello spettro medio, definito come deviazione standard rispetto alla media.



Rapporti spettrali HV: sono evidenziati i picchi principali rilevati

Dai rapporti spettrali medi si sono individuati i seguenti picchi principali e secondari HV:

Stazione	Picco	Media (Hz)	Minimo (Hz)	Massimo (Hz)
C1	Principale	2.2	1.8	2.6
	Secondario	7.4	6.8	8
	Secondario	12.1	11.4	12.7
C2	Principale	2.2	2	2.4
	Secondario	6.9	6.3	7.5

Il sito C1 presenta degli errori di stima maggiori rispetto al C2 e valori delle frequenze di picco leggermente diverse.

Va tenuto conto che C1 è localizzato nel giardino antistante l'ingresso principale della scuola, in prossimità della strada e della tombinatura del fosso San Salvatore.

La sua quota è di circa 5 m superiore a quella di C2 (cortile sottostante).

Questo spiega perché le frequenze dei picchi sono leggermente diverse, vi è un picco rilevabile in più e gli errori di stima sono maggiori.

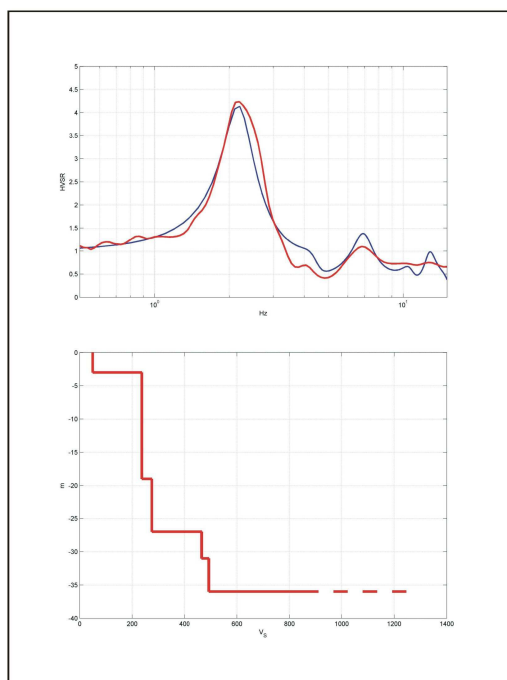
Considerando anche il fatto che il sito C2 è il più vicino (8 m) e alla stessa quota del sondaggio geognostico, l'interpretazione della stratigrafia sismica è stata effettuata solo per quest'ultima stazione.

Per ottenere la stratigrafia sismica (VS) in corrispondenza del sito C2 si è utilizzato l'approccio e il relativo software Model HVSR presentato da Herak (2008).

La curva HV viene invertita tramite il metodo di Monte Carlo, ottenendo un modello delle variazioni della velocità delle onde S con la profondità.

Il miglior modello ottenuto è presentato di seguito, insieme al confronto tra la curva HV misurata e calcolata; le velocità VS aumentano gradualmente con la profondità.

La discontinuità principale è stata rilevata alla profondità di 36 m, e può essere interpretata come l'interfaccia tra substrato roccioso sano e sedimenti sovrastanti; tra la superficie e il substrato roccioso, nella successione sedimentaria, sono state individuate altre due discontinuità, rispettivamente a 3 e 27 m dal piano campagna, interpretabili come significative variazioni nella granulometria del sedimento.



Modello sismo stratigrafico (V_s) in C2 (in basso).

Il confronto tra curva misurata (in rosso) e calcolata (in blu) è presentato in alto

5.3 CONCLUSIONI E DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO VS30

In base ai valori di V_s presentati nel grafico precedente è possibile stimare il parametro Vs30 definito come la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30m del sottosuolo secondo la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

h_i	spessore strato i -esimo
V_i	velocità strato i -esimo

Applicando la formula al caso in esame, con riferimento al piano campagna, si ottiene il valore:

$$V_{s30} = 202 \text{ m/s}$$

che consente di considerare il terreno di studio come appartenente e alla categoria C dei suoli di fondazione (NTC DM 14/01/2008), e quindi assimilabile a “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360m/s.

Si sottolinea che il parametro V_{s30} è calcolato in riferimento al piano campagna.

6. SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Come per il capitolo precedente, con la disamina di seguito introdotta si intende fornire un inquadramento stratigrafico e geotecnico desunto da campagne geognostiche pregresse svolte nella stessa zona; in tal senso è già stato anticipato che nell’ambito delle indagini per la scuola è stato eseguito un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 25m da pc (cortile sottoposto in quota alla strada comunale); durante l’avanzamento della perforazione sono state eseguite n° 4 prove SPT (Standard Penetration Test) finalizzate alla parametrizzazione geotecnica degli orizzonti stratigrafici investigati.

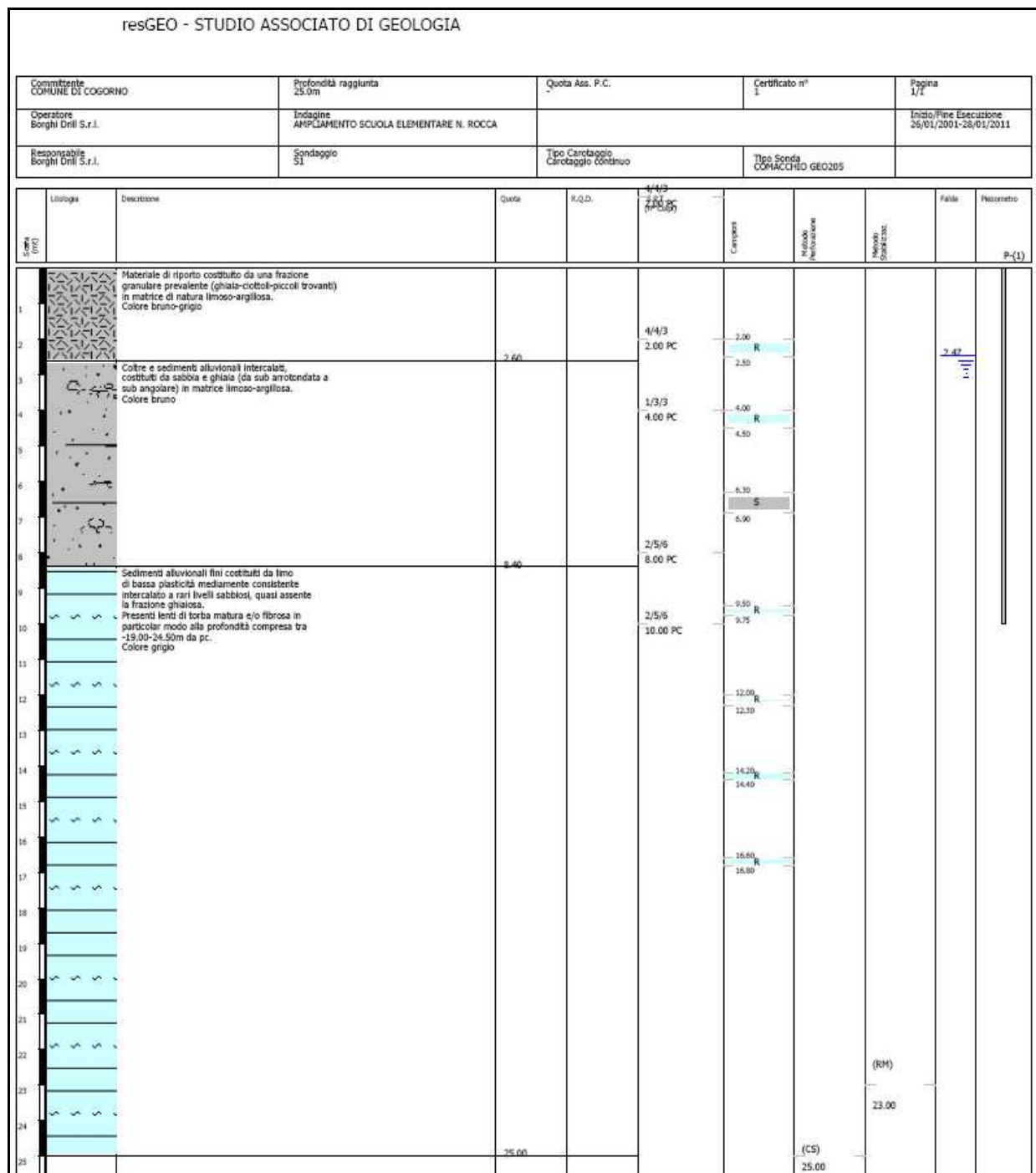
Successivamente sono stati selezionati un campione di tipo indisturbato e n° 6 campioni di tipo rimaneggiato da sottoporre ad analisi di laboratorio; al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato con tubo piezometrico per la misurazione della falda idrica che è stata rilevata ad una profondità di – 2.5m da pc.



Ubicazione Sondaggio a carotaggio continuo in area adiacente alla copertura del rio San Salvatore

6.1 STRATIGRAFIA

L'analisi visuale dei campioni di terreno prelevati, debitamente confrontata con i risultati delle prove di laboratorio, ha consentito la ricostruzione della stratigrafia di seguito riportata.



TAV. 10: STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO

6.2 PROVE IN SITU: STANDARD PENETRATION TEST

Le risultanze delle prove SPT sono state rielaborate mediante l'applicazione di correlazioni note in letteratura, debitamente specificate, che hanno fornito i seguenti risultati:

S1 SPT1 (2.00-2.45m): 4/4/3

S1 SPT2 (4.00-4.45m): 1/3/3

S1 SPT3 (8.00-8.45): 2/5/6

S1 SPT4 (10.00-10.45m): 2/5/6

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
S1 SPT1	7	2,45	Gibbs & Holtz 1957	59
S1 SPT2	6	4,45	Gibbs & Holtz 1957	47
S1 SPT3	11	8,45	Gibbs & Holtz 1957	57
S1 SPT4	11	10,45	Gibbs & Holtz 1957	51

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
S1 SPT1	7	2,45	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
S1 SPT2	6	4,45	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
S1 SPT3	11	8,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
S1 SPT4	11	10,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m ³)
S1 SPT1	7	2,45	Meyerhof ed altri	1,62
S1 SPT2	6	4,45	Meyerhof ed altri	1,58
S1 SPT3	11	8,45	Meyerhof ed altri	1,99
S1 SPT4	11	10,45	Meyerhof ed altri	1,99

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
S1 SPT1	7	2,45	Terzaghi-Peck	1,90
S1 SPT2	6	4,45	Terzaghi-Peck	1,89
S1 SPT3	11	8,45	Meyerhof ed altri	2.10
S1 SPT4	11	10,45	Meyerhof ed altri	2.10

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
S1 SPT1	7	2,45	Peck-Hanson-	29.0
S1 SPT2	6	4,45	Peck-Hanson-	28,7
S1 SPT3	11	8.45	Peck-Hanson-	30.1
S1 SPT4	11	10.45	Peck-Hanson-	30.1

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
S1 SPT1	7	2,45	Schmertmann (56
S1 SPT2	6	4,45	Schmertmann	48
S1 SPT3	11	8.45	Apollonia	110
S1 SPT4	11	10.45	Apollonia	110

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
S1 SPT1	7	2,45	(A.G.I.)	0,34
S1 SPT2	6	4,45	(A.G.I.)	0,34
S1 SPT3	11	8.45	(A.G.I.)	0,33
S1 SPT4	11	10,45	(A.G.I.)	0,33

7. ANALISI DI LABORATORIO

Sui campioni prelevati durante la perforazione sono state eseguite varie prove di laboratorio finalizzate alla determinazione delle classificazioni dei terreni nonché delle relative caratteristiche di resistenza e deformabilità.

In particolare sono stati eseguiti i seguenti tests:

- Determinazione della curva granulometrica (mediante setacciatura e per sedimentazione), A.S.T.M. D421-93/D422-90
- Determinazione dei limiti di Atterberg, A.S.T.M. D4318-00
- Determinazione del peso di volume - B.S. 1377-2
- Determinazione del contenuto in acqua naturale - A.S.T.M. D 2216-98
- Prove di taglio diretto con scatola di Casagrande CD - A.S.T.M. D 3080
- Prove triassiale UU - A.S.T.M. D2850-99

I risultati ottenuti vengono riportati sinteticamente nella seguente tabella:

S1

Campione	S1 CR1 (2.00-2.50m)	S1 CR2 (4.00-4.50m)	S1 CI1 (6.30-6.90m)	S1 CR3 (9.50-9.75m)
W (%)	-		20.1	-
γ (kN/m ³)	-		20.6	-
Ghiaia (%)	49.18	33.77	17.94	17.72
Sabbia (%)	30.83	47.44	33.38	29.75
P200 (%)	19.99	18.79	48.69	52.53
Limo (%)	-	-	-	32.17
Argilla (%)	-	-	-	20.36
LL	27.7	30.9	31.1	30.7
IP	5.4	4.8	8.7	3.9
Φ (°)	-		35.2	-
c' (kPa)	-		15.4	-
cu (kPa)	-		-	-
Class. U.S.C.S.	GM-GC	SM	SM-SC	ML

Campione	S1 CR4 (12.0-12.3m)	S1 CR5 (14.2-14.4m)	S1 CR6 (16.6-16.8m)
W (%)	24.78	32.87	37.38
γ (kN/m ³)	18.41	18.12	17.25
Ghiaia (%)	17.20	0.00	0.00
Sabbia (%)	41.03	0.26	0.14
P200 (%)	41.95	99.74	99.86
Limo (%)	26.77	-	-
Argilla (%)	15.18	-	-
LL	30.4	35	37.4
IP	5.4	9.6	8.3
Φ (°)	-	-	-
c' (kPa)	-	-	-
cu (kPa)	24.5	23.0	22.7
Class. U.S.C.S.	SM	ML	ML

Il livello superficiale, presente fino a circa 2.50-3.00m da pc, rappresenta un livello rimaneggiato caratterizzato da una frazione granulare predominante di natura ghiaioso-sabbiosa e da una frazione fine (P200) attestata intorno al 20% e con grado di plasticità basso.

In successione è posizionato un livello di coltre e sedimenti alluvionali variamente intercalati costituiti da sabbia (33.38-47.44%) e ghiaia (17.94-33.77%) e da una frazione limoso-argillosa variabile dal 18.79 al 48.69%

Al di sotto si riscontra un livello francamente alluvionale costituito prevalentemente da limo di bassa plasticità (IP: 8.3-9.6) intercalato a livelli subordinati di sabbia (29.75-41.95%) e limo di bassa plasticità (41.95-52.53%), subordinata la frazione ghiaiosa (circa 17%).

8. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

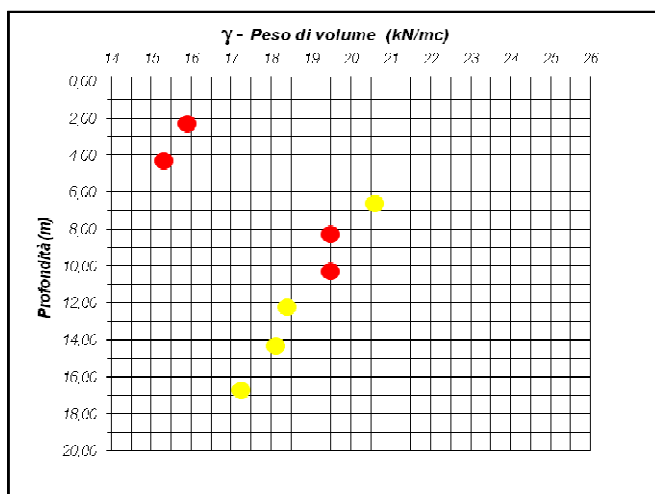
Redatto il modello geologico-stratigrafico si propone la relativa parametrizzazione geotecnica.

I valori attribuiti derivano dall'elaborazione congiunta dei risultati delle prove SPT e dei tests di laboratorio. In particolare è stato esaminato l'andamento del peso di volume e dell'angolo di attrito efficace (resistenza al taglio) in funzione della profondità.

In ottemperanza alle NTC stabilite dal D.M. 14/01/2008 sono stati quindi calcolati i valori geotecnici medi e caratteristici.

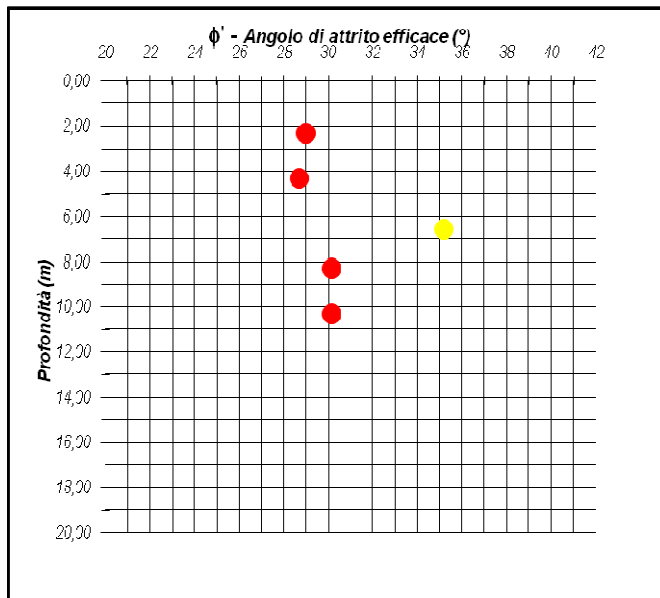
- S1- SPT
- Prove di laboratorio

Peso di volume unitario



Per quanto riguarda l'andamento del peso di volume unitario dall'analisi del grafico si evince un forte grado di eterogeneità nelle misure, per questo motivo si è ritenuto opportuno, anche in rapporto alla progettazione in oggetto, di procedere al calcolo del valore medio di ognuno dei tre orizzonti individuati.

Angolo di attrito efficace



I valori rappresentativi dell'angolo di attrito evidenziano valori omogenei per tutta la profondità indagata per cui si è ritenuto opportuno calcolare un unico valore geotecnico medio rappresentativo. Si specifica inoltre che in accordo alle NTC stabilite dal D.M. 14/01/2008 per tali parametri rappresentativi dei terreni si ritiene possa essere imposta l'uguaglianza tra i valori medi (f_m) ed i valori caratteristici (f_k), per cui $f_m = f_k$.

Si riporta quindi la parametrizzazione geotecnica relativa ai tre livelli individuati:

Livello I (0.00-4.50m da pc):

Peso di volume medio unitario (kN/m^3): 15.6

Peso di volume saturo medio unitario (kN/m^3): 18.5

Coesione efficace c' media (kPa): 0 (in assenza di evidenze sperimentali)

Angolo di attrito efficace medio: 30.6

Modulo di elasticità di Young medio (kg/cm^2): 52

Modulo di Poisson medio: 0.34

Livello II (4.50-10.50m da pc):

Peso di volume medio unitario (kN/m^3): 19.9

Peso di volume saturo medio unitario (kN/m^3): 20.6

Coesione efficace c' media (kPa): 15.4

Angolo di attrito efficace medio: 30.6

Modulo di elasticità di Young medio (kg/cm^2): 110

Modulo di Poisson medio: 0.33

Livello III (>10.50m da pc):

Peso di volume medio unitario (kN/m^3): 17.9

Resistenza al taglio non drenata media (kPa): 23.4

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Con la D.G.R. 17/03/2017 n. 216 è stata approvata la nuova classificazione sismica, in particolare per il Comune di Cogorno è stata confermata la classe sismica 3 con $\text{pga} = 0,15g$.

La normativa tecnica, ai fini del calcolo dell'azione sismica, prescrive di determinare la categoria del suolo di fondazione; nel caso specifico, in base ai risultati della prospezione sismica, è possibile associare gli orizzonti stratigrafici individuati nel corso delle indagini alla categoria "C": rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180m/s e 360m/s.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante approccio "sito dipendente" attraverso la determinazione dei parametri sismici.

Si fornisce di seguito un breve inquadramento delle condizioni sismiche del territorio di interesse con riferimento alla scuola già citata.

PARAMETRI SISMICI:

Classe d'uso: II

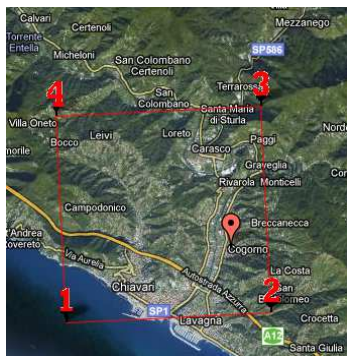
Vita nominale: 50 anni

Coefficiente cu: 1

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1 – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media “i” minore o uguale a 15°

SITO IN ESAME



COORDINATE WGS84	COORDINATE ED50
Latitudine: 44.328107	Latitudine: 44.329068
Longitudine: 9.3531632	Longitudine: 9.354198

SITI DI RIFERIMENTO (COORD. ED50)

	ID	LAT.	LONG.	DISTANZA (m)
SITO1	17367	44.3107	9.2982	4897.138
SITO2	17368	44.3132	9.3680	2078.222
SITO3	17146	44.3631	9.3646	3874.941
SITO4	17145	44.3607	9.2949	5881.994

10. CRITICITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Per quanto riguarda la criticità alla liquefazione bisogna specificare come, in accordo con il D.M. 14/01/2008, tale verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15m da pc, per piano di campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$;
5. distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici di riferimento riportati in Normativa in funzione del coefficiente di uniformità (U_c).

Si è dunque ritenuto opportuno eseguire una preliminare verifica della magnitudo M attesa nei quattro siti di riferimento in relazione allo stato limite SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita) così come indicato in normativa, a tal fine è stata consultata la mappa di pericolosità sismica disponibile sul sito dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) nonché i grafici di disaggregazione della pericolosità sismica.

A scopo chiarificativo si riporta sinteticamente un estratto dell'articolo: "Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M - R - ϵ " - D. Spallarossa, S. Barani - Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Università di Genova.

La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M - R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M . Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M - R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che

contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R. Lo studio affronta la disaggregazione della pericolosità sismica italiana (Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

L'analisi di disaggregazione è stata condotta per 16852 siti corrispondenti ai nodi della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS, 2004). Le mappe conclusive di pericolosità sismica, ottenute impiegando il formalismo ad albero logico, sono state elaborate in termini di mediana della distribuzione dei valori di pericolosità anziché in termini di valori medi. Pertanto la disaggregazione è stata condotta adottando quali input i modelli ed i valori dei parametri lungo il ramo dell'albero logico a cui corrispondono i valori di pericolosità più prossimi a quelli mediani di riferimento. In particolare, sono stati disaggregati i valori mediani di scuotimento (relativi a suolo rigido), espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA), corrispondenti a 9 periodi di ritorno (RP): 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 e 2500 anni. Per ciascun sito, i risultati sono stati restituiti in termini di distribuzioni M-R- ϵ da cui sono stati ricavati i valori medi e modali di tali parametri. Da questi sono state elaborate le mappe di M, R ed ϵ per l'intero territorio nazionale. I risultati evidenziano che all'aumentare del periodo di ritorno aumenta il contributo alla pericolosità di un dato sito da parte di terremoti forti a brevi distanze. I risultati ottenuti nello studio possono risultare utili nella selezione di accelerogrammi a scopi di progettazione e/o per analisi dinamiche (es. analisi numeriche di risposta sismica locale).

Si riportano dunque i risultati delle analisi effettuate:

	ID	Magnitudo M	Distanza (km)	ε
SITO1	17367	4.850	14.600	0.736
SITO2	17368	4.840	12.200	0.792
SITO3	17146	4.870	12.300	0.902
SITO4	17145	4.860	14.000	0.770

Nei siti di riferimento risulta quindi che la magnitudo attesa in riferimento allo SLV è sempre minore di 5 di conseguenza in prima analisi si può ipotizzare l'omissione della verifica alla liquefazione.

11. CONCLUSIONI

Il complesso di indagini effettuate e di dati ottenuti ha consentito di ricavare il modello geologico della porzione di territorio su cui scorrono i corsi d'acqua in questione a cui, attraverso le prospezioni, è stato possibile abbinare un modello geotecnico medio che potrà essere utilizzato per la progettazione delle opere previste nonché una base su cui impostare gli approfondimenti geognostici di routine da effettuare in corso d'opera.

Come meglio descritto negli elaborati progettuali, a seguito dei calcoli derivanti dal modello idraulico, sono state previste le seguenti opere:

- a) allargamento del tratto di copertura a valle della confluenza tra il rio Pessa e il fossato San Salvatore (circa 250 ml) con larghezze portate a valori tra 8 e 9 metri ed eliminazione di un paio di restringimenti localizzati nel tratto del fossato San Salvatore a monte della suddetta confluenza
- b) adeguamento idraulico del nodo di confluenza tra il rio Pessa e il fossato di San Salvatore, anche con riferimento a quanto emerso a seguito dell'indagine strutturale di tipo visivo per i tratti di copertura esistente eseguita dagli ingegneri incaricati

- c) allargamento del tratto del fossato San Salvatore a cielo aperto a valle della copertura (circa 220 ml), con larghezze variabili da 6 a 8 metri e abbassamento dell'alveo di circa 60 cm, con partenza dal salto attualmente presente immediatamente a valle della pista ciclabile, portando tale salto dall'attuale altezza di circa 2m ad una altezza di circa 1.40m e quindi andando a ricreare una nuova pendenza di progetto fino a raccordarsi altimetricamente con lo stato attuale nella zona della confluenza tra il fossato San Salvatore e il rio Pessa
- d) allargamento in destra idraulica delle sezioni di deflusso del tratto a cielo aperto del rio Pessa, andando a sfruttare l'attuale banchina della viabilità e rifacimento dell'arginatura di sostegno alla viabilità medesima, attualmente costituita da una scarpata arginale da sostituirsi con un muro in cls, il tutto in continuità con quanto già realizzato in regime di somma urgenza
- e) risagomatura alveo e consolidamento e/o sottomurazione a tratti in sponda sinistra e destra per il tratto di rio Pessa a cielo aperto
- f) spostamento di circa 10 ml verso monte e allargamento a tutta sezione della briglia a pettine ubicata ad oggi immediatamente a monte della vasca di sedimentazione in corrispondenza dell'imbocco della copertura del rio Pessa, il tutto finalizzato a trattenere il materiale solido proveniente da monte, evitando che il rigurgito possa andare ad interferire con il "complesso" nodo dell'imbocco della copertura medesima.

Come meglio specificato sulle relazioni di progetto, l'allargamento dell'imbocco della copertura del rio Pessa previsto nella progettazione preliminare originaria, è già stato realizzato nell'ambito di un intervento in somma urgenza eseguito a seguito dell'evento alluvionale del novembre 2014.

Richiamata ancora la relazione di progetto si evidenzia inoltre che per raggiungere la completa messa in sicurezza dell'area con raggiungimento dei franchi idraulici di legge risultano necessarie ulteriori opere inserite a livello di scenario di piano di bacino e per le quali dunque saranno necessari successivamente ulteriori approfondimenti geologici.

In tal senso si richiamano i seguenti principi generali.

Al fine invece di garantire il contenimento della piena duecentennale con rispetto dei franchi idraulici di legge, vista in particolare l'impossibilità di procedere ad ulteriori allargamenti lungo il tratto di valle del fossato San Salvatore, pare necessario realizzare interventi ben più "invasivi" e onerosi rispetto a quelli oggetto della presente fase di progettazione, comprendenti tra l'altro lo scolmo di una quota parte significativa di portata che ad oggi giunge sino alla confluenza nel fiume Entella.

Stante la conformazione della rete idrografica con la presenza di due rivi dal bacino sostanzialmente identico (fossato San Salvatore e rio Pessa) nonché la densità di urbanizzazione della zona, le verifiche idrauliche hanno consentito di constatare l'impossibilità di scolmare quota parte della portata defluente nel fossato San Salvatore: dunque le ipotesi prese in considerazione sono sinteticamente:

- scolmo/deviazione dell'intero contributo del rio Pessa
- allargamento fossato San Salvatore tratto coperto a monte della confluenza

Prescindendo dagli scenari progettuali a venire, gli interventi previsti in questa fase progettuale risultano tutti interferire con i primi 4-5m di profondità, quindi con i materiali di rimaneggiamento superficiale in ambito urbano o con le coltri colluviali nelle zone limitrofe (livello 1 di TAV. 4) salvo interessare il tetto degli orizzonti sottostanti che nel tratto vallivo (da confluenza con fiume Entella fino a circa la sede comunale) sono costituiti da sabbia e ghiaia variamente inquinate da materiali più fini e nel tratto mediano e più a monte sono caratterizzati da una maggiore frazione fine che in profondità diventa quasi esclusiva.

Il quadro stratigrafico e geotecnico prospettato suggerisce interventi di scavo da affrontare con cautela, soprattutto laddove in fregio a preesistenze edilizie o infrastrutture, sia per non turbare gli equilibri ad oggi constatati, sia per la sicurezza delle maestranze.

Le opere strutturali potranno essere progettate e verificate utilizzando le parametrizzazioni

fornite, nelle more dei normali controlli in corso d'opera da parte dei geologi incaricati dell'assistenza ai lavori.

Per quanto attiene infine il trattamento dei materiali eccedenti provenienti dagli scavi, si rimanda alla normativa di Legge vigente.

Si specifica peraltro che ad esclusione delle strutture ed ai rimaneggiamenti superficiali (conseguenti alle urbanizzazioni ed alle infrastrutture presenti) il sottosuolo naturale è costituito da depositi alluvionali entro i quali le prospezioni effettuate non hanno denunciato significative frazioni di rocce verdi (serpentiniti, serpentinoscisti, eclogiti, anfiboliti, gabbri, metagabbri, basalti, metabasalti e terreni da esse derivati) e dunque di litologie che potrebbero determinare contaminazione.

Alla luce degli accertamenti eseguiti e nelle more delle indicazioni forniti, si conclude circa la fattibilità delle opere progettate, ben inseribili ed adattabili alle realtà geologiche dell'area.

Sestri Levante, settembre 2017



Dott. geol. Giovanni Rizzi



Dott. geol. Barbara Musante

COMUNE DI COGORNO

(CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA)

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

E MESSA IN SICUREZZA DEL CENTRO ABITATO DI SAN SALVATORE

TRATTI TERMINALI FOSSATO SAN SALVATORE E RIO PESSA

(Piano di Bacino Stralcio – D.L. 180/98 e ss.mm.ii. – Ambito 16 Fiume Entella)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

COMMITTENTE: COMUNE DI COGORNO

PROGETTISTA: STUDIO ASSOCIATO ING. SERGIO BRIZZOLARA – ING. STEFANO STURLA

INDICE DEI CAPITOLI

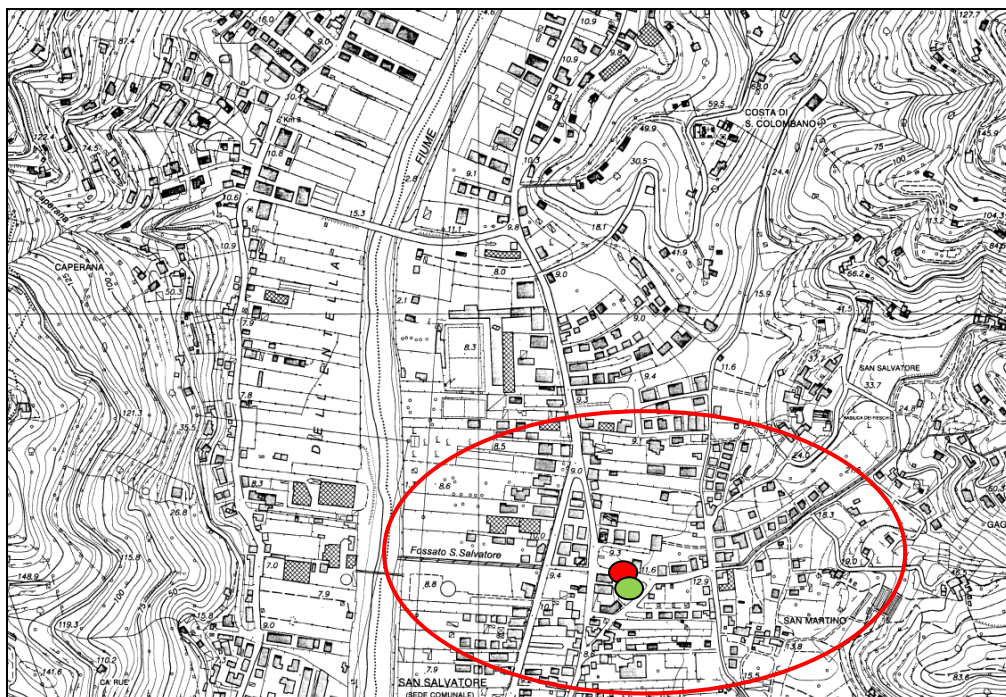
1. *PREMESSE*
2. *INQUADRAMENTO NORMATIVO*
3. *INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO*
4. *VALUTAZIONE IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO DEL CORSO D'ACQUA*
5. *INDAGINE SISMICA*
 - 5.1 *STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA APPLICATA*
 - 5.2 *LOCALIZZAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI*
 - 5.3 *CONCLUSIONI E DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO Vs30*
6. *SONDAGGIO GEOGNOSTICO*
 - 6.1 *STRATIGRAFIA*
 - 6.2 *PROVE IN SITU: STANDARD PENETRATION TEST*
7. *ANALISI DI LABORATORIO*
8. *PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA*
9. *CARATTERIZZAZIONE SISMICA*
10. *CRITICITA' ALLA LIQUEFAZIONE*
11. *CONCLUSIONI*

ALLEGATI

- TAV. 1: *COROGRAFIA*
TAV. 2: *CARTA DELLA RETE IDROGRAFICA SIGNIFICATIVA*
TAV. 3: *CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO*
TAV. 4: *CARTA DELLE FASCE DI INONDABILITÀ*
TAV. 5: *SCHEMA STRATIGRAFICO*
TAV. 6: *STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA*
TAV. 7: *SEZIONE GEOELETTRICA*
TAV. 8: *BACINO DEI CORSI D'ACQUA*
TAV. 9: *UBICAZIONE PROSPEZIONE GEOFISICA*
TAV. 10: *STRATIGRAFIA CAROTAGGIO*
TAV. 11: *PLANIMETRIA TECNICA*
TAV. 12: *PROFILO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO LONGITUDINALE*

1. PREMESSE

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto del progetto di fattibilità tecnica ed economica relativo alle condizioni di deflusso idraulico dei tratti terminali del fossato San Salvatore (circa 500m ml a valle della confluenza con il rio Pessa sino allo sfocio nel fiume Entella e circa 160m a monte della stessa confluenza) e del rio Pessa (circa 700m a monte della confluenza con il fossato San Salvatore).



TAV. 1: Corografia: settore di interesse

Sondaggio geognostico S1 ●

Prospezione geofisica ●

L'area è caratterizzata da un tessuto urbano piuttosto continuo in un contesto a morfologia pianeggiante, tipica del fondovalle costituito dall'ampia piana associata al fiume Entella, in corrispondenza della conoide alluvionale relativa al tributario di sinistra rio della Pessa (poi fossato San Salvatore).

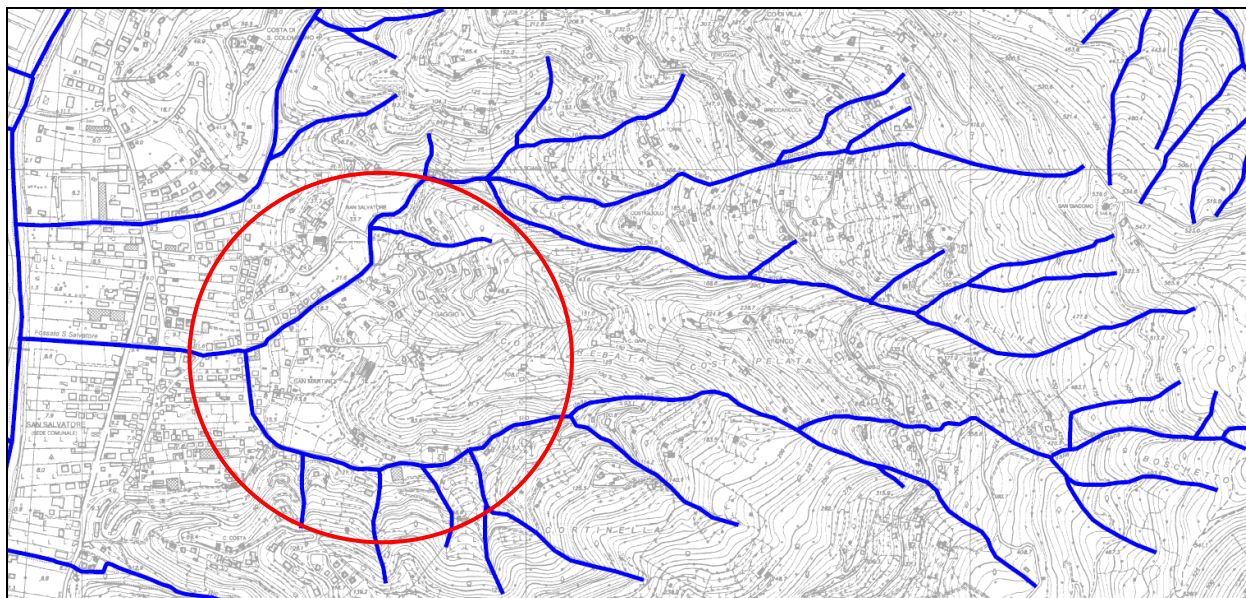
Al fine di fornire un inquadramento geologico concreto sulle condizioni del territorio sono state importati e riletti dati relativi a precedenti campagne geognostiche svolte dagli scriventi nello stesso ambito (cfr. Tav. 1 - Corografia); conseguentemente l'articolazione dell'indagine è stata la seguente:

- Analisi bibliografia disponibile
- Rilevamento geologico-geomorfologico di superficie
- indagine sismica finalizzata alla determinazione dei rapporti spettrali HV
- n°1 sondaggio a carotaggio continuo, denominato S1, spinto alla profondità di -25m da pc
- n°4 prove in situ di tipo SPT (Standard Penetration Test)
- analisi geotecniche di laboratorio

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Per quanto attiene gli strumenti normativi vigenti è stata consultata la cartografia allegata al Piano di Bacino 180/98 (Ambito 16) che ha evidenziato le zonizzazioni di seguito riportate in stralcio.

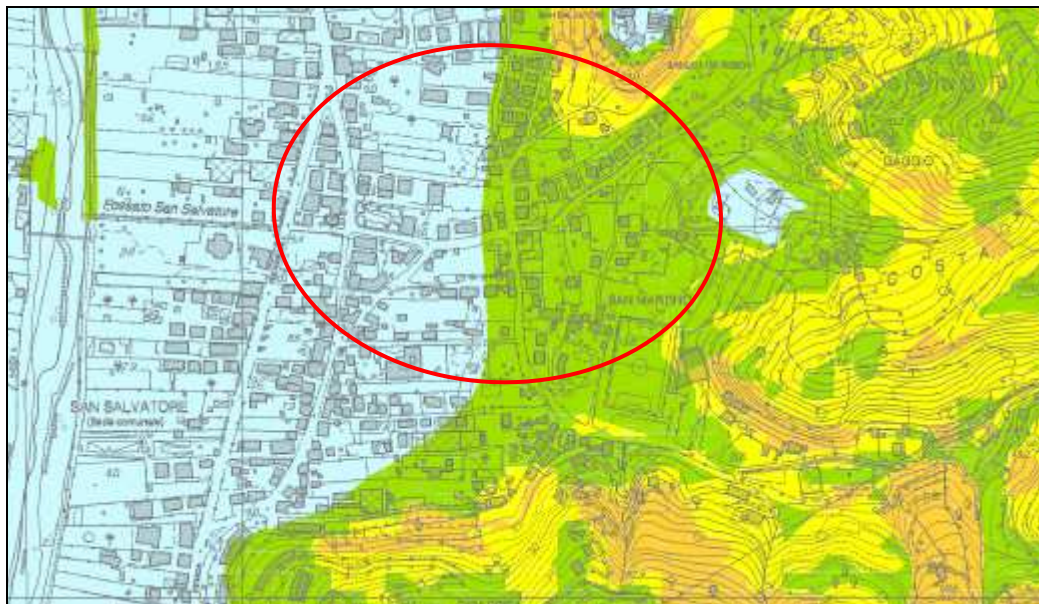
TAV. 2: CARTA DELLA RETE IDROGRAFICA SIGNIFICATIVA: l'intervento interessa un tratto di rivo classificato nel reticolo idrografico, affluente di sinistra del Fiume Entella



—— Limite del Piano di Bacino

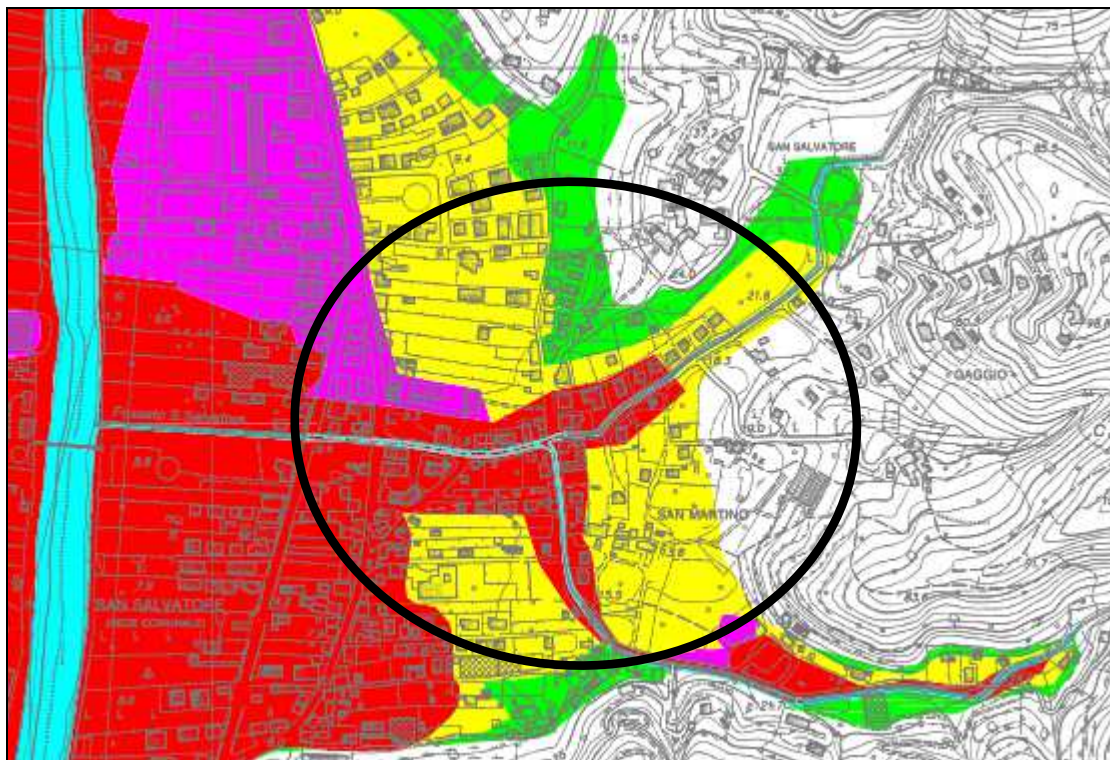
—— Reticolo idrografico














TAV. 3: CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO: area a Suscettività molto bassa (Pg0)



CLASSI DI SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO			NORME DI ATTUAZIONE
	MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2 Art. 16ter
	ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3 Art. 16ter
	ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter Art. 16ter
	MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
	BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
	MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
CLASSI SPECIALI			
	TIPO A - Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio		Art. 16bis, c. 2
	TIPO B ₁ - Cave inattive e miniere abbandonate		Art. 16bis, c. 3
	TIPO B ₂ - Discariche dismesse e rifiuti antropici		Art. 16bis, c. 5
	Area di costa alta/folesia attiva per le quali si rinvia al Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero Approvato con DCR n. 18 del 25/09/2012		

TAV. 4: CARTA DELLE DELLE FASCE DI INONDABILITÀ: la zona è soggetta ad inondabilità per portate con tempi di ritorno cinquantennali



FASCE FLUVIALI		NORME DI ATTUAZIONE
	FASCIA A	Art. 15, c. 2
	FASCIA A*	Art. 15, c. 4bis
	FASCIA B	Art. 15, c. 3
	FASCIA B* (Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini non sufficienti)	Art. 15, c. 4bis
	FASCIA C	Art. 15, c. 4
	FASCIA C (Aree storicamente inondate in tratti indagati)	Art. 15, c. 4
	ALVEO	Art. 13
	ALVEO TOMBINATO	Art. 13
CRITICITÀ IDRAULICHE PUNTUALI		
	Manufatto o copertura non verificata per T=50 anni	
	Manufatto o copertura non verificata per T=200 anni	
	Manufatto o copertura non verificata per T=500 anni	
	Proiezione dei viadotti	
	Limite del bacino	

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO

Lo schema geologico a scala territoriale propone una serie sedimentaria che si trova a contatto con le rocce verdi sul limite occidentale della zona ofiolitica della Val Graveglia e del Bargonasco, nell'entroterra della costa compresa tra Lavagna e Sestri Levante.

In corrispondenza di tale limite compaiono di volta in volta i vari tipi di ofioliti, i diaspri, i calcari a Calpionelle tipo maiolica, entrambi strettamente associati al primo termine della serie.

La serie geologica degli affioramenti ofiolitici di val Graveglia-Bargonasco è costituita, a partire dal termine più antico, da serpentiniti, gabbri, basalti, ai quali seguono i diaspri ed i calcari a Calpionella.

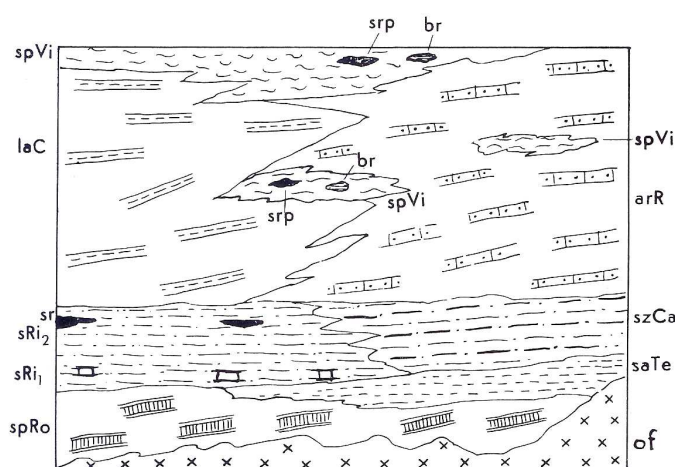
La serie cretacea, costituita da diversi livelli di Argilloscisti, Ardesie, Arenarie di M.te Ramaceto (compresa tra il Titoniano-Berriasiano e il Turoniano), si estende verso l'alto in continuità con la serie precedente e si sviluppa arealmente verso Ovest e Sud-Ovest a partire dal limite suddetto, modellando anche i rilievi retrostanti le cittadine di Lavagna, Cogorno e Chiavari.

La continuità della serie sedimentaria si interrompe in prossimità della Collina delle Grazie (Chiavari) e lungo l'incisione del retrostante rio Campodonico (affluente di destra del torrente Rupinaro) per l'affioramento della Formazione dei Flysch di Monte Antola, costituita da alternanze ritmiche di banchi calcareo-marnosi, arenarie micacee, argilloscisti e strati argilloso-marnosi.

La Formazione dei Calcari di Monte Antola caratterizza inoltre, come noto, l'intero versante litoraneo tra Chiavari e Genova, salvo il localizzato mascheramento dovuto ai Conglomerati oligocenici di Portofino sull'omonimo promontorio.

Il settore di interesse è ubicato sulla sponda orografica sinistra del Fiume Entella, sull'estesa piana alluvionale che caratterizza il corso d'acqua stesso. Sul versante in destra, opposto a quello di interesse (territorio di Chiavari), affiora la Formazione delle Argille a palombini mentre in sinistra (territorio di Cogorno), a partire dalle prime propaggini collinari, si riscontra il pendio

costituito dalla Formazione delle Ardesie (Tav. 2), interrotta localmente e per un breve areale dalla facies degli Scisti argillosi manganiferi, lastroidi con intercalazioni di scisti rossi e di arenarie quarzose compatte (R. Terranova: "La serie cretacea degli argilloscisti fra le valli dei Torrenti Entella e Petronio (Appennino Ligure)" - Atti dell'Istituto di Geologia dell'Università di Genova – Anno IV, 1966 – Volume I, Fascicolo I. Dalla succitata pubblicazione viene di seguito proposto lo schema stratigrafico riassuntivo; in legenda vengono riportate le attuali attribuzioni formazionali.



TAV. 5: SCHEMA STRATIGRAFICO

Dove:

F. delle Argilliti di Giaiette

spVi: Argilloscisti policromi con intercalazioni di scisti rossi (srp) e di brecce poligeniche (br)
(S. Vittoria di Libiola)

F. delle Arenarie del M.te Gottero

arR: Arenarie di M.te Ramaceto

F. di Val Lavagna

laC: Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi con intercalazioni di arenarie, argilloscisti e calcareniti (M. Capenardo)

szCa: Scisti argillosi grigi e scisti argilloso-arenacei bruni alternanti (argilloscisti zonati di Castagnola)

sRi₂: Scisti argillosi manganiferi, con intercalazioni di scisti rossi (sr) e di arenarie quarzose (Valle Rigone)

sRi₁: Scisti argillosi grigi con intercalazioni di calcari argillosi pseudopalombini (Valle Rigone)

saTe: Argilloscisti e scisti argilloso-arenacei con straterelli di fini arenarie (Terisso)

F. delle Argille a Palombini

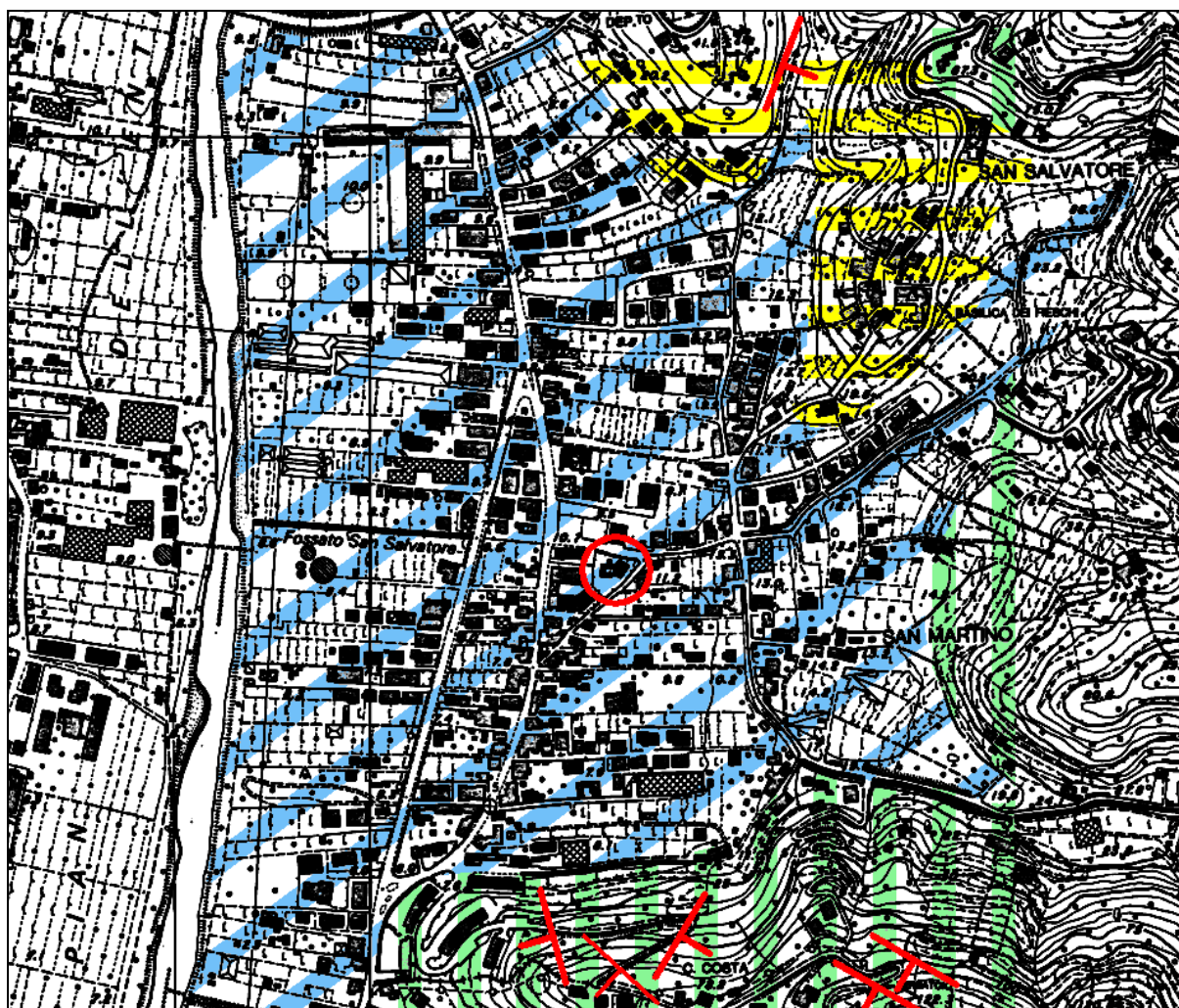
spRo: Scisti argillosi e argilloso-marnosi con intercalazioni di calcari palombini (S. Rocco di Zerli)

Basamento Ofiolitico

of: Ofioliti della Val Graveglia e del Bargonasco

Di seguito viene inoltre proposta una carta geologica di dettaglio della zona su base C.T.R.

TAV. 6: STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA



PIANA ALLUVIONALE



FORMAZIONE DELLE ARDESIE



FORMAZIONE DEGLI SCISTI DI VAL LAVAGNA



GIACITURE DI STRATO



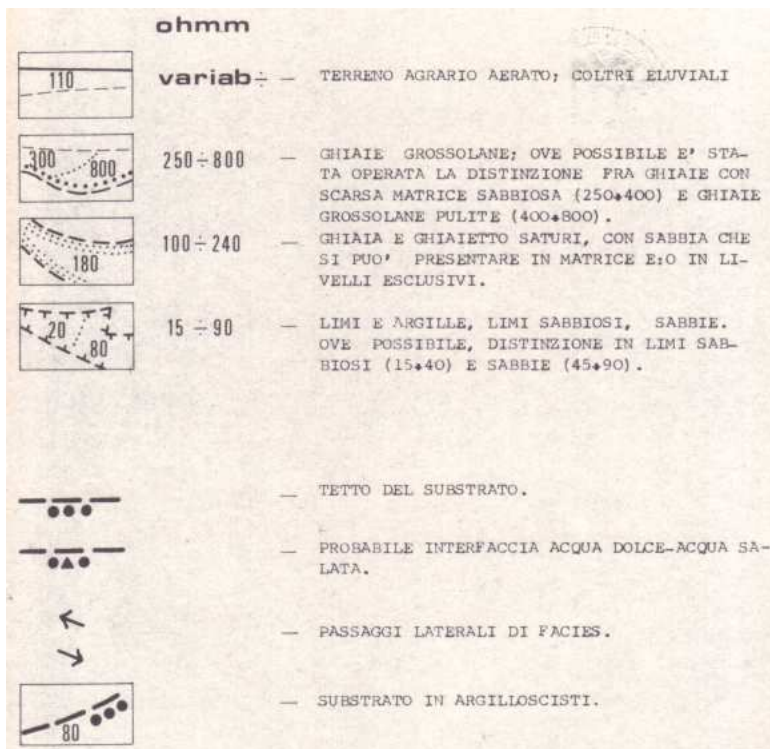
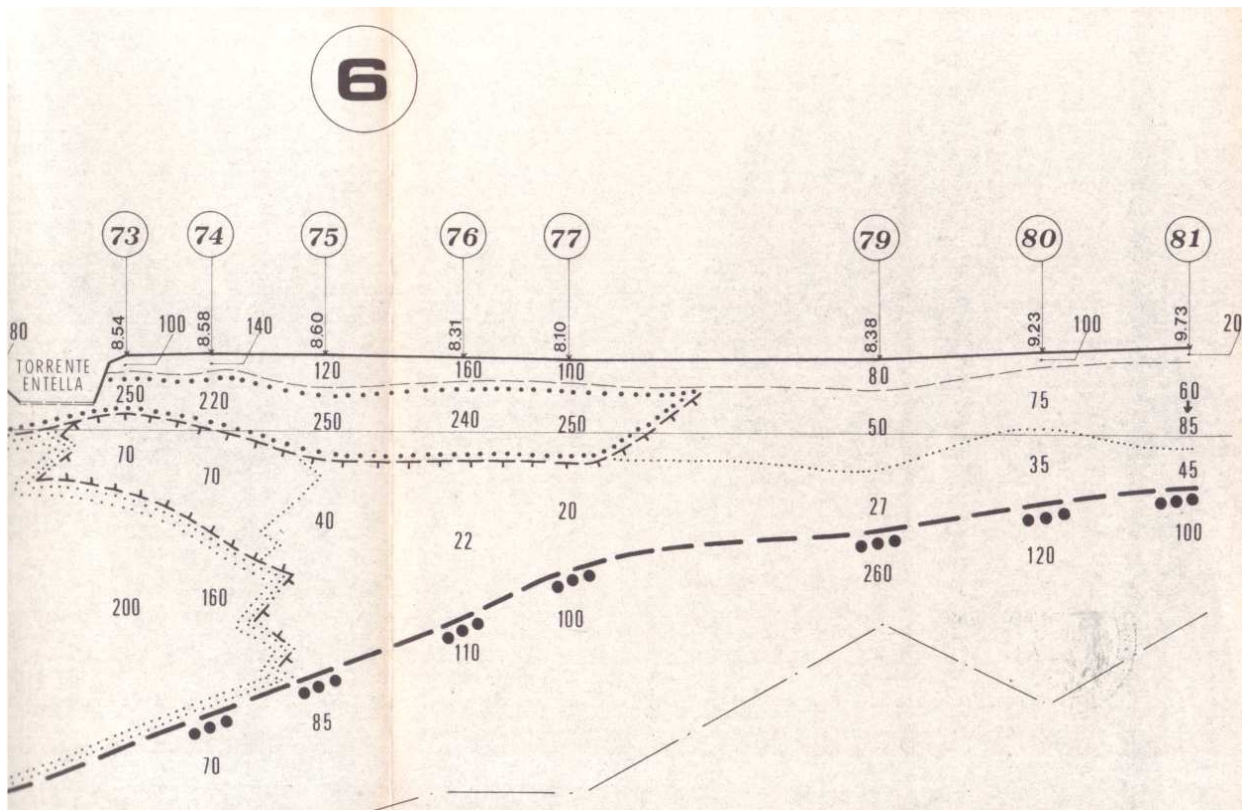
AREA SOTTOPOSTA AD INDAGINI GEOGNOSTICHE (SCUOLA)

Sotto il profilo geomorfologico, ricerche bibliografiche sulla piana dell'Entella permettono di estrapolare utili informazioni sia in ordine all'andamento del paleoalveo che in ordine alla granulometria delle alluvioni (Cortemiglia G.C., De Stefanis A., Marini M., Terranova R. - L'idrogeologia del bacino del T. Entella nel quadro di un programma di gestione e protezione delle falde acquifere nella Provincia di Genova – Atti del 3° Convegno internazionale sulle acque sotterranee – Palermo 1975).

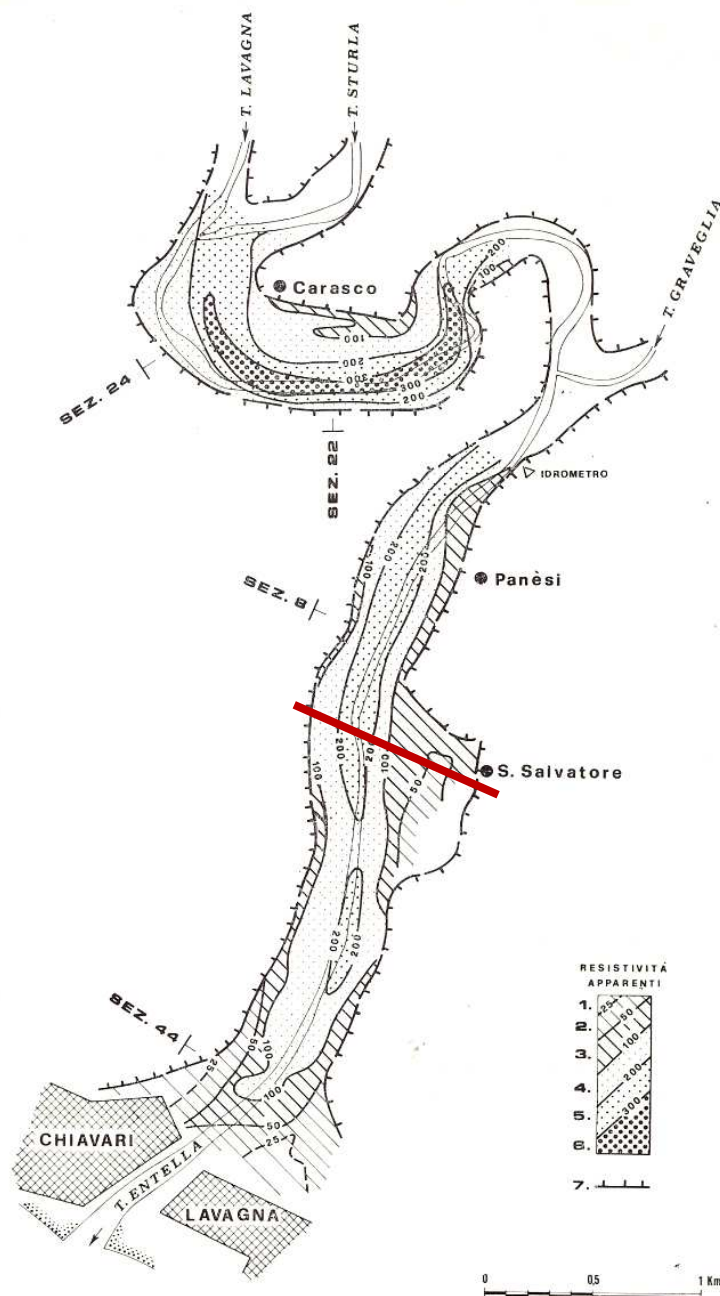
L'indagine geoelettrica di cui sopra ha mostrato che quasi tutto l'alveo alluvionale del fiume Entella è costituito da alluvioni più o meno grossolane, abbastanza omogenee fino ad almeno 1,5km dalla foce; solo in questo ultimo tratto, che forma il delta recente del corso d'acqua, le alluvioni grossolane profonde sono isolate da quelle superficiali sature da un orizzonte limoso che impedisce l'ulteriore alimentazione delle falde profonde.

Anche perifericamente alla piana nella zona di San Salvatore si riscontra l'estensione di un orizzonte a granulometria fine da ascrivere evidentemente ad apporti dai versanti ma anche alla formazione di ambienti acquitrinosi di "stanca fluviale".

Viene di seguito proposta una rappresentazione grafica delle situazioni geomorfologiche e stratigrafiche ipotizzabili lungo la piana ricavate attraverso prospezioni geoelettriche, tratta dalla pubblicazione di Cortemiglia et al. del 1975, richiamando altresì la sez. 6 interessante specificatamente l'areale di San Salvatore.



TAV. 7: SEZIONE GEOELETTRICA



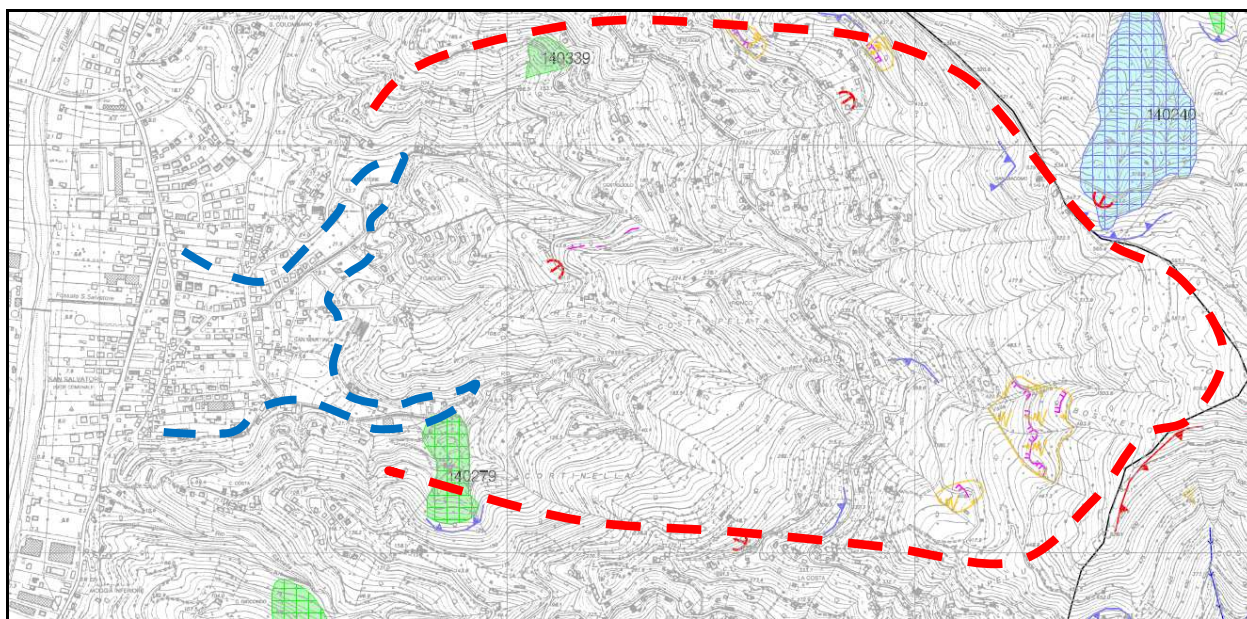
TAV. 7 BIS: UBICAZIONE SEZIONE GEOELETTRICA - *Carta delle resistività delle piane più importanti del T. Entella con delimitazione della pianura (linea a denti); nella scala delle resistività apparenti, i rigati si riferiscono a complessi prevalentemente argillosi, mentre i puntinati si riferiscono a complessi prevalentemente ghiaioso-ciottolosi. L'estensione del profilo del bedrock verso il pendio retrostante la piana, lascia immaginare un rapido ridimensionamento del materasso di copertura in termini di spessore.*

4. VALUTAZIONI IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO DEL CORSO D'ACQUA

Come noto, uno degli aspetti più delicati in ordine all'adeguatezza delle sezioni idrauliche durante fenomeni alluvionali è rappresentato dal possibile trasporto solido dei corsi d'acqua in funzione della "stabilità geomorfologica" dei pendii attraversati.

L'esteso bacino del fosso San Salvatore e del rio Pessa ha origine sul crinale di Costa San Giacomo ed attraversa un versante caratterizzato da numerosi impluvi secondari variamente orientati cui corrispondono altrettanti fossi.

Sostanzialmente le aste torrentizie scorrono in gran parte discretamente incise, sia nel tratto a monte che in quello mediano (in colore rosso nella planimetria seguente) mentre nelle zone più a valle (in colore azzurro) i percorsi "pseudopianeggianti" non si limitano all'attraversamento della piana dell'Entella (tratti terminali) ma si estendono alle conoidi presenti alla chiusura delle principali valleciole.



TAV. 8: BACINO DEI CORSI D'ACQUA

Nelle prime due zone citate (tratti sommitali e mediani) i corsi d'acqua scorrono

frequentemente su roccia affiorante o subaffiorante e dunque sono infrequenti fenomeni di erosione di fondo tuttavia la forte acclività dei versanti può generare instabilità coinvolgenti sia le coltri di copertura che il cappellaccio roccioso, anche in relazione allo stato manutentivo del territorio che non appare sempre efficace e periodico.

Nella terza zona (tratto terminale) il rio - che scorre come detto sui depositi delle conoidi e sulla piana alluvionale pseudo pianeggiante - è vulnerabile a depositi di materiali trasportati dalle acque anche in rapporto alla repentina diminuzione della sua pendenza.

Riguardo le caratteristiche del materiale eventualmente trasportato, per le ragioni anzidette, esso è ascrivibile prevalentemente a coltri eluvio-colluviali (dunque a granulometria medio-fine) ed a detriti conseguenti al crollo di muri di fascia.

5. INDAGINE SISMICA

Pur essendo nella fase di progettazione preliminare è parso utile fornire alcuni inquadramenti circa gli aspetti geologici applicativi che dovranno necessariamente essere affrontati nelle successive fasi di progettazione definitiva-esecutiva attraverso prospezioni dirette come si dirà nel prosieguo della narrativa.

Obiettivo principale dell'indagine sismica effettuata in fregio all'Istituto scolastico già menzionato è stato la determinazione della stratigrafia sismica delle onde di taglio S onde consentire la determinazione della categoria del suolo di fondazione così come previsto dalla normativa D.M. 14/01/2008 – N.T.C.

L'indagine sismica effettuata è consistita in una misura dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontale e verticale, per ottenere l'andamento 1D (sondaggio verticale) delle velocità V_s ; da queste si è poi stimato il parametro V_{s30} ; la misura e l'interpretazione dei dati è stata effettuata seguendo le linee guida SESAME.

5.1 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA APPLICATA

Per l'indagine HVSR è stato impiegato il sismografo SR04 (con sensore da 2 Hz) della SARA Electronic Instruments.

Le caratteristiche del sismografo sono riportate nella tabella di seguito allegata.

Alimentazione:	10-16Vdc
Consumo di energia:	< 1 W
Numero canali:	3
Convertitore A/D:	24 bit ($\Sigma\Delta$)
Range dinamico:	124dB @ 100SPS
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	10,20,25,50,100,200 (standard) 300,400,480,600 (opzionali su richiesta)
Impedenza d'ingresso:	300 kOhm
Sensibilità:	2V p-p (119nV/count)
Compatibilità ingressi:	sensori elettrodinamici e sensori attivi (4V p-p con jumpers interni)
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincron. Real Time Clock:	da GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50µs
Antenna GPS:	amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
CPU:	AVR RISC processor @ 11.592MHz
Interfaccia dati sismici:	RS232 (Ethernet opzionale), cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20 (opzionale SADC20HS)
Velocità:	programmabile da 9600 a 115200 baud
Interfaccia dati GPS:	RS232
Formato dati:	NMEA; 4800 baud, n,8,1
Contenitore:	Alluminio pressofuso IP55
Temperatura operativa:	-30/+60°C
Dimensioni:	160x190x80 mm (senza sensori) 220x200x105 mm (con sensori)
Peso:	senza sensori: 1400g con sensori da 4.5Hz: 2400g con sensori da 2Hz: 3700g
Certificazioni:	CE (EN55022, EN55011)

Gli effetti di sito, secondo la teoria dei filtri lineari, si possono considerare come una delle trasformazioni che il segnale sismico $u(t)$ registrato in superficie subisce rispetto alla sorgente $s(t)$:

$$u(t) = s(t) * g(t) * e(t) * i(t)$$

essendo $g(t)$ la funzione di propagazione, $e(t)$ la funzione che descrive gli effetti di sito ed $i(t)$ la funzione che descrive le caratteristiche dello strumento di registrazione.

Gli effetti di sito sono determinati soprattutto dal contrasto di impedenza (prodotto densità velocità) causato dal passaggio dell'onda sismica all'interfaccia roccia-terreno. Inoltre la risposta sismica locale varia anche in base a caratteri geometrici e meccanici del sottosuolo, quali:

- irregolarità morfologiche superficiali e profonde;
- eterogeneità verticali, orizzontali e laterali;
- comportamento non-lineare e dissipativo dei terreni.

La valutazione degli effetti di sito può essere stimata tramite la tecnica dei rapporti spettrali (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr) tra le componenti orizzontale e verticale dei microtremori, cioè oscillazioni continue di suolo di piccola ampiezza (1 – 10 μ m) originate dalla sovrapposizione di effetti generati da sorgenti naturali e disturbi artificiali.

Le assunzioni principali della metodologia HVSr sono:

- I) i microtremori sono composti da diversi tipi di onde che si propagano in strati superficiali di terreno sovrapposti ad un substrato rigido in roccia;
- II) le sorgenti del microtremore sono locali; quindi si trascura qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde;
- III) le sorgenti superficiali non influiscono sulle caratteristiche del moto alla sommità del bedrock;
- IV) la componente verticale del moto non risente degli effetti di amplificazione da parte dello strato superficiale.
- V) i rapporti tra le componenti orizzontali $R_H(f)$ e verticali $R_V(f)$ in superficie e alla base dello strato sedimentario dipendono solo dall'ampiezza del moto misurato in superficie e alla base del bedrock.

Nakamura (1989) ha però trovato sperimentalmente che alla base dello strato superficiale, per tutte le frequenze, l'ampiezza della componente orizzontale è all'incirca la stessa di quella verticale, cioè pari ad 1, perciò si determina che la stima del fattore di amplificazione di sito $R(f)$ è data dal rapporto spettrale:

$$R(f) = H_s(f)/V_b(f)$$

Questa tecnica è estremamente vantaggiosa, poiché consente la valutazione della risposta di sito senza uno spettro di riferimento, come invece, avviene per un'altra tecnica (SSR: Standard

Spectral Ratios), in cui si utilizza un rapporto su spettri calcolati, su di una finestra temporale comune, tra il sito di riferimento su basamento roccioso ed i siti su terreni sedimentari.

5.2 LOCALIZZAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Le misure sono state effettuate in due diversi siti, C1 (entro i giardini antistanti la scuola e adiacenti alla via) e C2 (nel cortile sottostante la scuola, in prossimità della posizione del sondaggio meccanico a carotaggio continuo eseguito nella stessa occasione), in ciascuno dei punti di misura i microtremori sono stati acquisiti per 20min sulle tre componenti.



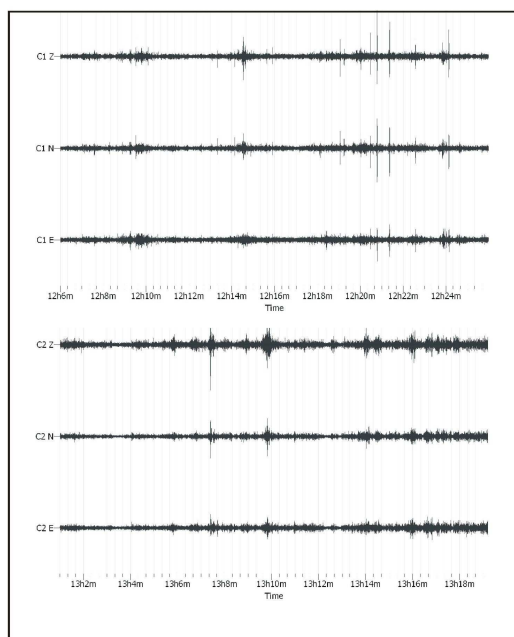
TAV. 9: UBICAZIONE PROSPEZIONE GEOFISICA



● Localizzazione dei due punti di misura C1 e C2

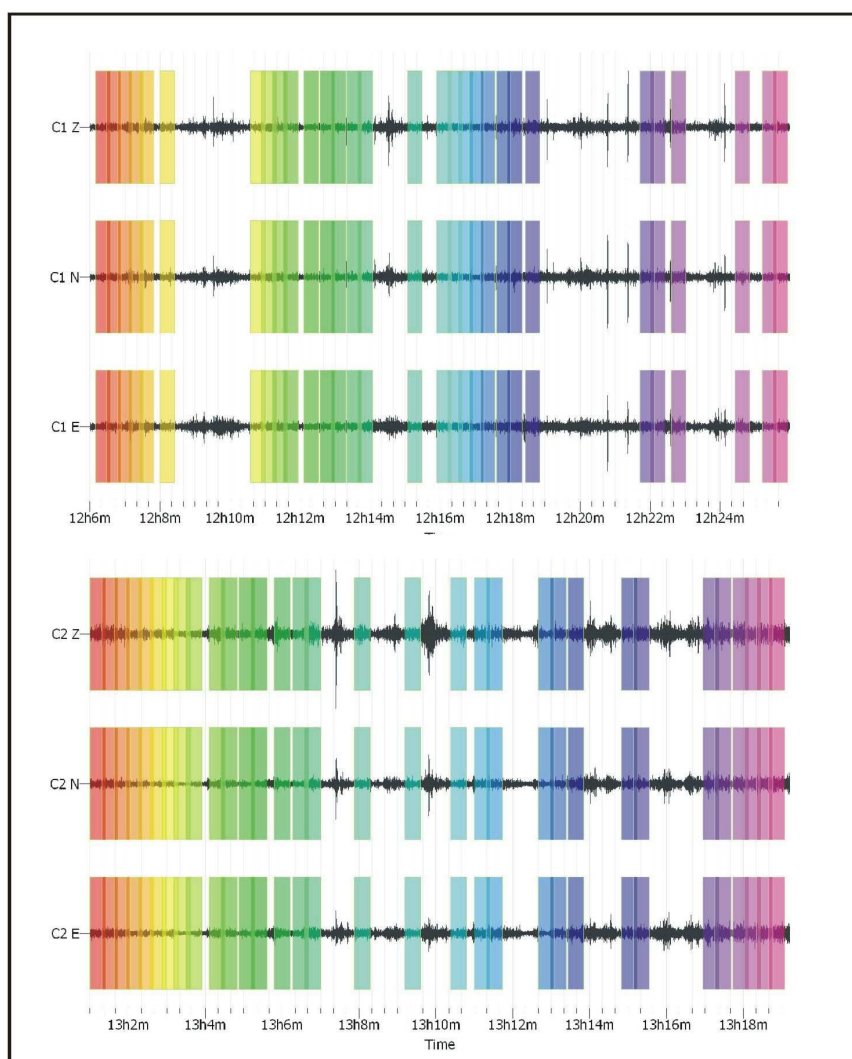
— Tombinatura fossato San Salvatore

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Geopsy (SESAME, 2004) per ottenere le curve medie del rapporto spettrale HV.



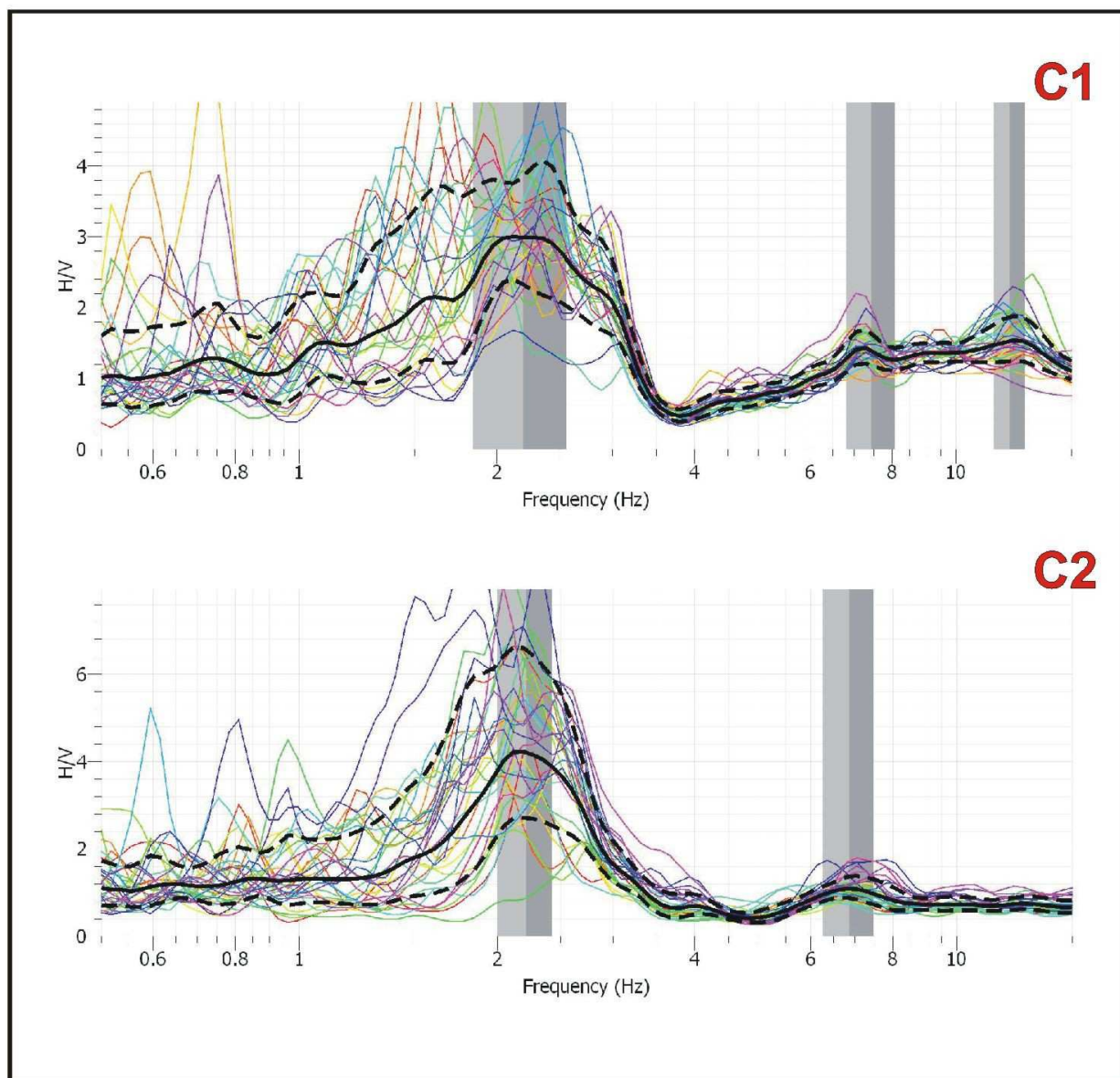
Registrazioni delle tre componenti nei due punti di misura C1 e C2.

I dati su cui poi eseguire il rapporto spettrale sono stati selezionati dai dati grezzi tramite un algoritmo 'antitrigger' basato sul confronto tra media a corto e lungo termine (STA/LTA, SESAME 2004). In questo modo si sono eliminati i transienti dovuti a sorgenti intense e ravvicinate che tipicamente sono non stazionari. Le finestre selezionate (ciascuna di 25s) sono presentate nella figura sottostante. I diversi colori identificano le diverse finestre in modo da poterne poi identificare gli spettri corrispondenti nella successiva figura.



Finestre di dati utilizzate per il calcolo dei rapporti spettrali per le due stazioni C1 e C2

Sulle sole finestre evidenziate nella figura sopra riportata si sono quindi calcolati i rapporti spettrali tra le componenti orizzontale e verticale. Gli spettri ottenuti per ciascuna finestra e la loro media geometrica sono presentati in figura. In essa è altresì visibile l'errore della stima dello spettro medio, definito come deviazione standard rispetto alla media.



Rapporti spettrali HV: sono evidenziati i picchi principali rilevati

Dai rapporti spettrali medi si sono individuati i seguenti picchi principali e secondari HV:

Stazione	Picco	Media (Hz)	Minimo (Hz)	Massimo (Hz)
C1	Principale	2.2	1.8	2.6
	Secondario	7.4	6.8	8
	Secondario	12.1	11.4	12.7
C2	Principale	2.2	2	2.4
	Secondario	6.9	6.3	7.5

Il sito C1 presenta degli errori di stima maggiori rispetto al C2 e valori delle frequenze di picco leggermente diverse.

Va tenuto conto che C1 è localizzato nel giardino antistante l'ingresso principale della scuola, in prossimità della strada e della tombinatura del fosso San Salvatore.

La sua quota è di circa 5 m superiore a quella di C2 (cortile sottostante).

Questo spiega perché le frequenze dei picchi sono leggermente diverse, vi è un picco rilevabile in più e gli errori di stima sono maggiori.

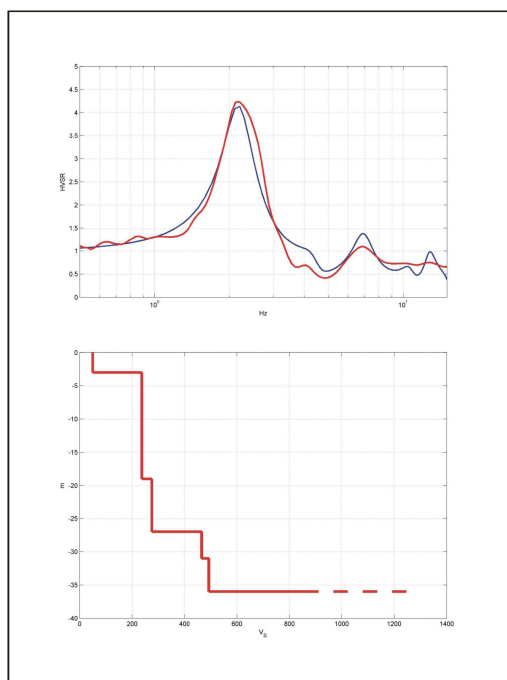
Considerando anche il fatto che il sito C2 è il più vicino (8 m) e alla stessa quota del sondaggio geognostico, l'interpretazione della stratigrafia sismica è stata effettuata solo per quest'ultima stazione.

Per ottenere la stratigrafia sismica (VS) in corrispondenza del sito C2 si è utilizzato l'approccio e il relativo software Model HVSR presentato da Herak (2008).

La curva HV viene invertita tramite il metodo di Monte Carlo, ottenendo un modello delle variazioni della velocità delle onde S con la profondità.

Il miglior modello ottenuto è presentato di seguito, insieme al confronto tra la curva HV misurata e calcolata; le velocità VS aumentano gradualmente con la profondità.

La discontinuità principale è stata rilevata alla profondità di 36 m, e può essere interpretata come l'interfaccia tra substrato roccioso sano e sedimenti sovrastanti; tra la superficie e il substrato roccioso, nella successione sedimentaria, sono state individuate altre due discontinuità, rispettivamente a 3 e 27 m dal piano campagna, interpretabili come significative variazioni nella granulometria del sedimento.



Modello sismo stratigrafico (V_s) in C2 (in basso).

Il confronto tra curva misurata (in rosso) e calcolata (in blu) è presentato in alto

5.3 CONCLUSIONI E DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO VS30

In base ai valori di V_s presentati nel grafico precedente è possibile stimare il parametro Vs30 definito come la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30m del sottosuolo secondo la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

h_i	spessore strato i -esimo
V_i	velocità strato i -esimo

Applicando la formula al caso in esame, con riferimento al piano campagna, si ottiene il valore:

$$V_{s30} = 202 \text{ m/s}$$

che consente di considerare il terreno di studio come appartenente e alla categoria C dei suoli di fondazione (NTC DM 14/01/2008), e quindi assimilabile a “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360m/s.

Si sottolinea che il parametro V_{s30} è calcolato in riferimento al piano campagna.

6. SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Come per il capitolo precedente, con la disamina di seguito introdotta si intende fornire un inquadramento stratigrafico e geotecnico desunto da campagne geognostiche pregresse svolte nella stessa zona; in tal senso è già stato anticipato che nell’ambito delle indagini per la scuola è stato eseguito un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 25m da pc (cortile sottoposto in quota alla strada comunale); durante l’avanzamento della perforazione sono state eseguite n° 4 prove SPT (Standard Penetration Test) finalizzate alla parametrizzazione geotecnica degli orizzonti stratigrafici investigati.

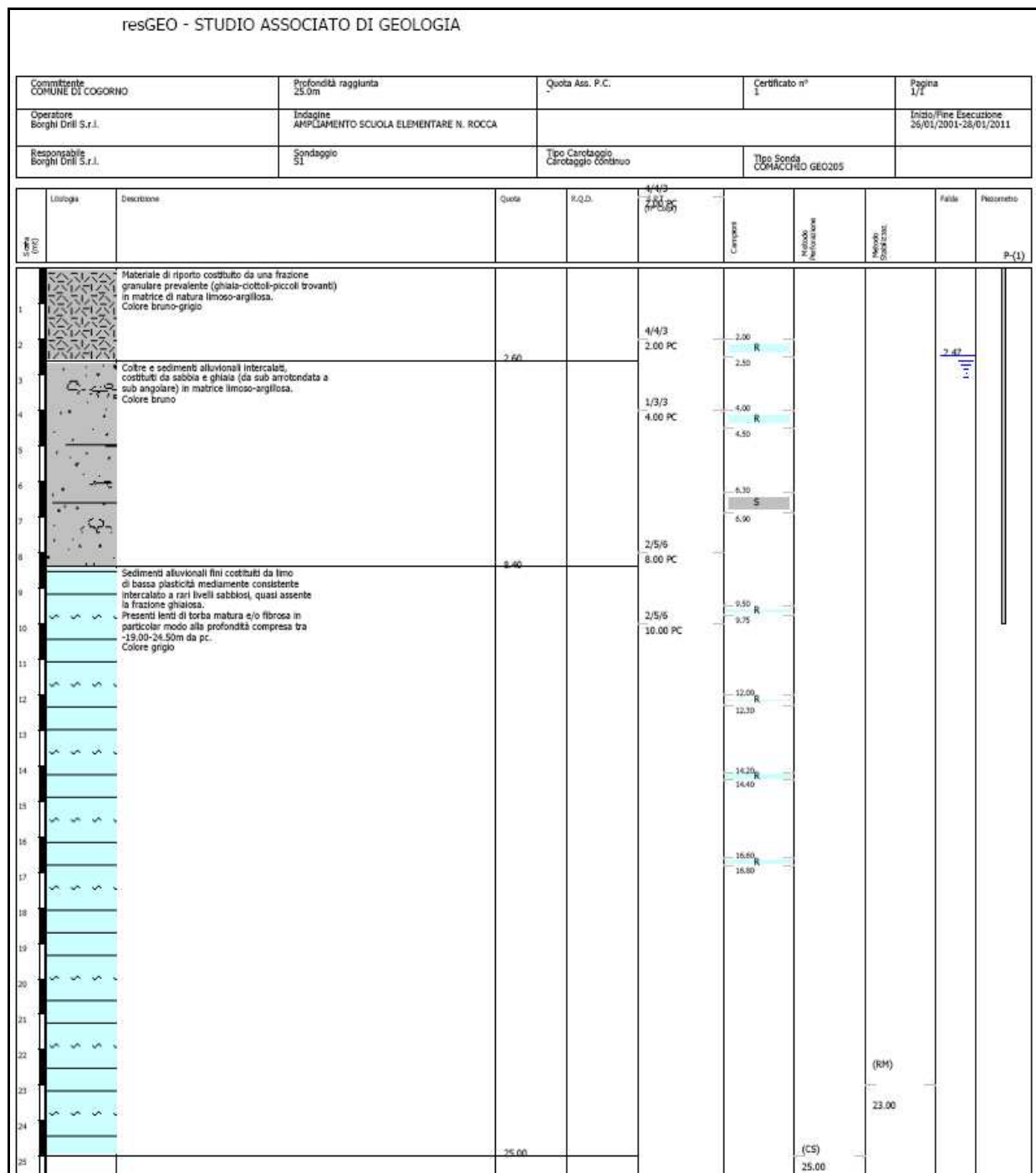
Successivamente sono stati selezionati un campione di tipo indisturbato e n° 6 campioni di tipo rimaneggiato da sottoporre ad analisi di laboratorio; al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato con tubo piezometrico per la misurazione della falda idrica che è stata rilevata ad una profondità di – 2.5m da pc.



Ubicazione Sondaggio a carotaggio continuo in area adiacente alla copertura del rio San Salvatore

6.1 STRATIGRAFIA

L'analisi visuale dei campioni di terreno prelevati, debitamente confrontata con i risultati delle prove di laboratorio, ha consentito la ricostruzione della stratigrafia di seguito riportata.



TAV. 10: STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO

6.2 PROVE IN SITU: STANDARD PENETRATION TEST

Le risultanze delle prove SPT sono state rielaborate mediante l'applicazione di correlazioni note in letteratura, debitamente specificate, che hanno fornito i seguenti risultati:

S1 SPT1 (2.00-2.45m): 4/4/3

S1 SPT2 (4.00-4.45m): 1/3/3

S1 SPT3 (8.00-8.45): 2/5/6

S1 SPT4 (10.00-10.45m): 2/5/6

Densità relative

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
S1 SPT1	7	2,45	Gibbs & Holtz 1957	59
S1 SPT2	6	4,45	Gibbs & Holtz 1957	47
S1 SPT3	11	8,45	Gibbs & Holtz 1957	57
S1 SPT4	11	10,45	Gibbs & Holtz 1957	51

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
S1 SPT1	7	2,45	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
S1 SPT2	6	4,45	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
S1 SPT3	11	8,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
S1 SPT4	11	10,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m ³)
S1 SPT1	7	2,45	Meyerhof ed altri	1,62
S1 SPT2	6	4,45	Meyerhof ed altri	1,58
S1 SPT3	11	8,45	Meyerhof ed altri	1,99
S1 SPT4	11	10,45	Meyerhof ed altri	1,99

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
S1 SPT1	7	2,45	Terzaghi-Peck	1,90
S1 SPT2	6	4,45	Terzaghi-Peck	1,89
S1 SPT3	11	8,45	Meyerhof ed altri	2.10
S1 SPT4	11	10,45	Meyerhof ed altri	2.10

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
S1 SPT1	7	2,45	Peck-Hanson-	29.0
S1 SPT2	6	4,45	Peck-Hanson-	28,7
S1 SPT3	11	8.45	Peck-Hanson-	30.1
S1 SPT4	11	10.45	Peck-Hanson-	30.1

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
S1 SPT1	7	2,45	Schmertmann (56
S1 SPT2	6	4,45	Schmertmann	48
S1 SPT3	11	8.45	Apollonia	110
S1 SPT4	11	10.45	Apollonia	110

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
S1 SPT1	7	2,45	(A.G.I.)	0,34
S1 SPT2	6	4,45	(A.G.I.)	0,34
S1 SPT3	11	8.45	(A.G.I.)	0,33
S1 SPT4	11	10,45	(A.G.I.)	0,33

7. ANALISI DI LABORATORIO

Sui campioni prelevati durante la perforazione sono state eseguite varie prove di laboratorio finalizzate alla determinazione delle classificazioni dei terreni nonché delle relative caratteristiche di resistenza e deformabilità.

In particolare sono stati eseguiti i seguenti tests:

- Determinazione della curva granulometrica (mediante setacciatura e per sedimentazione), A.S.T.M. D421-93/D422-90
- Determinazione dei limiti di Atterberg, A.S.T.M. D4318-00
- Determinazione del peso di volume - B.S. 1377-2
- Determinazione del contenuto in acqua naturale - A.S.T.M. D 2216-98
- Prove di taglio diretto con scatola di Casagrande CD - A.S.T.M. D 3080
- Prove triassiale UU - A.S.T.M. D2850-99

I risultati ottenuti vengono riportati sinteticamente nella seguente tabella:

S1

Campione	S1 CR1 (2.00-2.50m)	S1 CR2 (4.00-4.50m)	S1 CI1 (6.30-6.90m)	S1 CR3 (9.50-9.75m)
W (%)	-		20.1	-
γ (kN/m ³)	-		20.6	-
Ghiaia (%)	49.18	33.77	17.94	17.72
Sabbia (%)	30.83	47.44	33.38	29.75
P200 (%)	19.99	18.79	48.69	52.53
Limo (%)	-	-	-	32.17
Argilla (%)	-	-	-	20.36
LL	27.7	30.9	31.1	30.7
IP	5.4	4.8	8.7	3.9
Φ (°)	-		35.2	-
c' (kPa)	-		15.4	-
cu (kPa)	-		-	-
Class. U.S.C.S.	GM-GC	SM	SM-SC	ML

Campione	S1 CR4 (12.0-12.3m)	S1 CR5 (14.2-14.4m)	S1 CR6 (16.6-16.8m)
W (%)	24.78	32.87	37.38
γ (kN/m ³)	18.41	18.12	17.25
Ghiaia (%)	17.20	0.00	0.00
Sabbia (%)	41.03	0.26	0.14
P200 (%)	41.95	99.74	99.86
Limo (%)	26.77	-	-
Argilla (%)	15.18	-	-
LL	30.4	35	37.4
IP	5.4	9.6	8.3
Φ (°)	-	-	-
c' (kPa)	-	-	-
cu (kPa)	24.5	23.0	22.7
Class. U.S.C.S.	SM	ML	ML

Il livello superficiale, presente fino a circa 2.50-3.00m da pc, rappresenta un livello rimaneggiato caratterizzato da una frazione granulare predominante di natura ghiaioso-sabbiosa e da una frazione fine (P200) attestata intorno al 20% e con grado di plasticità basso.

In successione è posizionato un livello di coltre e sedimenti alluvionali variamente intercalati costituiti da sabbia (33.38-47.44%) e ghiaia (17.94-33.77%) e da una frazione limoso-argillosa variabile dal 18.79 al 48.69%

Al di sotto si riscontra un livello francamente alluvionale costituito prevalentemente da limo di bassa plasticità (IP: 8.3-9.6) intercalato a livelli subordinati di sabbia (29.75-41.95%) e limo di bassa plasticità (41.95-52.53%), subordinata la frazione ghiaiosa (circa 17%).

8. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

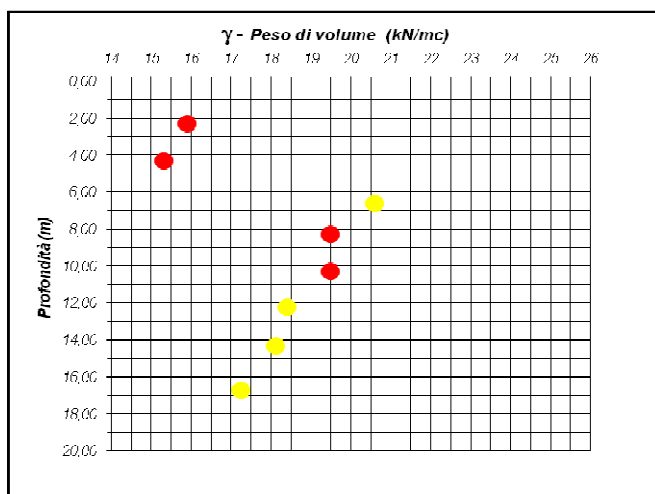
Redatto il modello geologico-stratigrafico si propone la relativa parametrizzazione geotecnica.

I valori attribuiti derivano dall'elaborazione congiunta dei risultati delle prove SPT e dei tests di laboratorio. In particolare è stato esaminato l'andamento del peso di volume e dell'angolo di attrito efficace (resistenza al taglio) in funzione della profondità.

In ottemperanza alle NTC stabilite dal D.M. 14/01/2008 sono stati quindi calcolati i valori geotecnici medi e caratteristici.

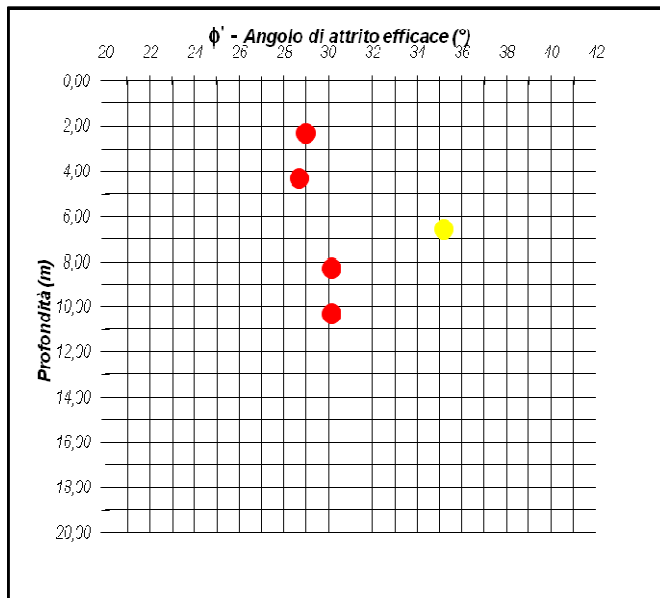
- S1- SPT
- Prove di laboratorio

Peso di volume unitario



Per quanto riguarda l'andamento del peso di volume unitario dall'analisi del grafico si evince un forte grado di eterogeneità nelle misure, per questo motivo si è ritenuto opportuno, anche in rapporto alla progettazione in oggetto, di procedere al calcolo del valore medio di ognuno dei tre orizzonti individuati.

Angolo di attrito efficace



I valori rappresentativi dell'angolo di attrito evidenziano valori omogenei per tutta la profondità indagata per cui si è ritenuto opportuno calcolare un unico valore geotecnico medio rappresentativo. Si specifica inoltre che in accordo alle NTC stabilite dal D.M. 14/01/2008 per tali parametri rappresentativi dei terreni si ritiene possa essere imposta l'uguaglianza tra i valori medi (f_m) ed i valori caratteristici (f_k), per cui $f_m = f_k$.

Si riporta quindi la parametrizzazione geotecnica relativa ai tre livelli individuati:

Livello I (0.00-4.50m da pc):

Peso di volume medio unitario (kN/m^3): 15.6

Peso di volume saturo medio unitario (kN/m^3): 18.5

Coesione efficace c' media (kPa): 0 (in assenza di evidenze sperimentali)

Angolo di attrito efficace medio: 30.6

Modulo di elasticità di Young medio (kg/cm^2): 52

Modulo di Poisson medio: 0.34

Livello II (4.50-10.50m da pc):

Peso di volume medio unitario (kN/m^3): 19.9

Peso di volume saturo medio unitario (kN/m^3): 20.6

Coesione efficace c' media (kPa): 15.4

Angolo di attrito efficace medio: 30.6

Modulo di elasticità di Young medio (kg/cm^2): 110

Modulo di Poisson medio: 0.33

Livello III (>10.50m da pc):

Peso di volume medio unitario (kN/m^3): 17.9

Resistenza al taglio non drenata media (kPa): 23.4

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Con la D.G.R. 17/03/2017 n. 216 è stata approvata la nuova classificazione sismica, in particolare per il Comune di Cogorno è stata confermata la classe sismica 3 con $\text{pga} = 0,15g$.

La normativa tecnica, ai fini del calcolo dell'azione sismica, prescrive di determinare la categoria del suolo di fondazione; nel caso specifico, in base ai risultati della prospezione sismica, è possibile associare gli orizzonti stratigrafici individuati nel corso delle indagini alla categoria "C": rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180m/s e 360m/s.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante approccio "sito dipendente" attraverso la determinazione dei parametri sismici.

Si fornisce di seguito un breve inquadramento delle condizioni sismiche del territorio di interesse con riferimento alla scuola già citata.

PARAMETRI SISMICI:

Classe d'uso: II

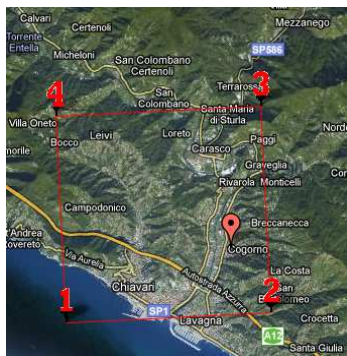
Vita nominale: 50 anni

Coefficiente cu: 1

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1 – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media “i” minore o uguale a 15°

SITO IN ESAME



COORDINATE WGS84	COORDINATE ED50
Latitudine: 44.328107	Latitudine: 44.329068
Longitudine: 9.3531632	Longitudine: 9.354198

SITI DI RIFERIMENTO (COORD. ED50)

	ID	LAT.	LONG.	DISTANZA (m)
SITO1	17367	44.3107	9.2982	4897.138
SITO2	17368	44.3132	9.3680	2078.222
SITO3	17146	44.3631	9.3646	3874.941
SITO4	17145	44.3607	9.2949	5881.994

10. CRITICITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Per quanto riguarda la criticità alla liquefazione bisogna specificare come, in accordo con il D.M. 14/01/2008, tale verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0.1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15m da pc, per piano di campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$;
5. distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici di riferimento riportati in Normativa in funzione del coefficiente di uniformità (U_c).

Si è dunque ritenuto opportuno eseguire una preliminare verifica della magnitudo M attesa nei quattro siti di riferimento in relazione allo stato limite SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita) così come indicato in normativa, a tal fine è stata consultata la mappa di pericolosità sismica disponibile sul sito dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) nonché i grafici di disaggregazione della pericolosità sismica.

A scopo chiarificativo si riporta sinteticamente un estratto dell'articolo: "Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M - R - ϵ " - D. Spallarossa, S. Barani - Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Università di Genova.

La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M - R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M . Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M - R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che

contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R. Lo studio affronta la disaggregazione della pericolosità sismica italiana (Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

L'analisi di disaggregazione è stata condotta per 16852 siti corrispondenti ai nodi della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS, 2004). Le mappe conclusive di pericolosità sismica, ottenute impiegando il formalismo ad albero logico, sono state elaborate in termini di mediana della distribuzione dei valori di pericolosità anziché in termini di valori medi. Pertanto la disaggregazione è stata condotta adottando quali input i modelli ed i valori dei parametri lungo il ramo dell'albero logico a cui corrispondono i valori di pericolosità più prossimi a quelli mediani di riferimento. In particolare, sono stati disaggregati i valori mediani di scuotimento (relativi a suolo rigido), espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA), corrispondenti a 9 periodi di ritorno (RP): 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 e 2500 anni. Per ciascun sito, i risultati sono stati restituiti in termini di distribuzioni M-R- ϵ da cui sono stati ricavati i valori medi e modali di tali parametri. Da questi sono state elaborate le mappe di M, R ed ϵ per l'intero territorio nazionale. I risultati evidenziano che all'aumentare del periodo di ritorno aumenta il contributo alla pericolosità di un dato sito da parte di terremoti forti a brevi distanze. I risultati ottenuti nello studio possono risultare utili nella selezione di accelerogrammi a scopi di progettazione e/o per analisi dinamiche (es. analisi numeriche di risposta sismica locale).

Si riportano dunque i risultati delle analisi effettuate:

	ID	Magnitudo M	Distanza (km)	ε
SITO1	17367	4.850	14.600	0.736
SITO2	17368	4.840	12.200	0.792
SITO3	17146	4.870	12.300	0.902
SITO4	17145	4.860	14.000	0.770

Nei siti di riferimento risulta quindi che la magnitudo attesa in riferimento allo SLV è sempre minore di 5 di conseguenza in prima analisi si può ipotizzare l'omissione della verifica alla liquefazione.

11. CONCLUSIONI

Il complesso di indagini effettuate e di dati ottenuti ha consentito di ricavare il modello geologico della porzione di territorio su cui scorrono i corsi d'acqua in questione a cui, attraverso le prospezioni, è stato possibile abbinare un modello geotecnico medio che potrà essere utilizzato per la progettazione delle opere previste nonché una base su cui impostare gli approfondimenti geognostici di routine da effettuare in corso d'opera.

Come meglio descritto negli elaborati progettuali, a seguito dei calcoli derivanti dal modello idraulico, sono state previste le seguenti opere:

- a) allargamento del tratto di copertura a valle della confluenza tra il rio Pessa e il fossato San Salvatore (circa 250 ml) con larghezze portate a valori tra 8 e 9 metri ed eliminazione di un paio di restringimenti localizzati nel tratto del fossato San Salvatore a monte della suddetta confluenza
- b) adeguamento idraulico del nodo di confluenza tra il rio Pessa e il fossato di San Salvatore, anche con riferimento a quanto emerso a seguito dell'indagine strutturale di tipo visivo per i tratti di copertura esistente eseguita dagli ingegneri incaricati

- c) allargamento del tratto del fossato San Salvatore a cielo aperto a valle della copertura (circa 220 ml), con larghezze variabili da 6 a 8 metri e abbassamento dell'alveo di circa 60 cm, con partenza dal salto attualmente presente immediatamente a valle della pista ciclabile, portando tale salto dall'attuale altezza di circa 2m ad una altezza di circa 1.40m e quindi andando a ricreare una nuova pendenza di progetto fino a raccordarsi altimetricamente con lo stato attuale nella zona della confluenza tra il fossato San Salvatore e il rio Pessa
- d) allargamento in destra idraulica delle sezioni di deflusso del tratto a cielo aperto del rio Pessa, andando a sfruttare l'attuale banchina della viabilità e rifacimento dell'arginatura di sostegno alla viabilità medesima, attualmente costituita da una scarpata arginale da sostituirsi con un muro in cls, il tutto in continuità con quanto già realizzato in regime di somma urgenza
- e) risagomatura alveo e consolidamento e/o sottomurazione a tratti in sponda sinistra e destra per il tratto di rio Pessa a cielo aperto
- f) spostamento di circa 10 ml verso monte e allargamento a tutta sezione della briglia a pettine ubicata ad oggi immediatamente a monte della vasca di sedimentazione in corrispondenza dell'imbocco della copertura del rio Pessa, il tutto finalizzato a trattenere il materiale solido proveniente da monte, evitando che il rigurgito possa andare ad interferire con il "complesso" nodo dell'imbocco della copertura medesima.

Come meglio specificato sulle relazioni di progetto, l'allargamento dell'imbocco della copertura del rio Pessa previsto nella progettazione preliminare originaria, è già stato realizzato nell'ambito di un intervento in somma urgenza eseguito a seguito dell'evento alluvionale del novembre 2014.

Richiamata ancora la relazione di progetto si evidenzia inoltre che per raggiungere la completa messa in sicurezza dell'area con raggiungimento dei franchi idraulici di legge risultano necessarie ulteriori opere inserite a livello di scenario di piano di bacino e per le quali dunque saranno necessari successivamente ulteriori approfondimenti geologici.

In tal senso si richiamano i seguenti principi generali.

Al fine invece di garantire il contenimento della piena duecentennale con rispetto dei franchi idraulici di legge, vista in particolare l'impossibilità di procedere ad ulteriori allargamenti lungo il tratto di valle del fossato San Salvatore, pare necessario realizzare interventi ben più "invasivi" e onerosi rispetto a quelli oggetto della presente fase di progettazione, comprendenti tra l'altro lo scolmo di una quota parte significativa di portata che ad oggi giunge sino alla confluenza nel fiume Entella.

Stante la conformazione della rete idrografica con la presenza di due rivi dal bacino sostanzialmente identico (fossato San Salvatore e rio Pessa) nonché la densità di urbanizzazione della zona, le verifiche idrauliche hanno consentito di constatare l'impossibilità di scolmare quota parte della portata defluente nel fossato San Salvatore: dunque le ipotesi prese in considerazione sono sinteticamente:

- scolmo/deviazione dell'intero contributo del rio Pessa
- allargamento fossato San Salvatore tratto coperto a monte della confluenza

Prescindendo dagli scenari progettuali a venire, gli interventi previsti in questa fase progettuale risultano tutti interferire con i primi 4-5m di profondità, quindi con i materiali di rimaneggiamento superficiale in ambito urbano o con le coltri colluviali nelle zone limitrofe (livello 1 di TAV. 4) salvo interessare il tetto degli orizzonti sottostanti che nel tratto vallivo (da confluenza con fiume Entella fino a circa la sede comunale) sono costituiti da sabbia e ghiaia variamente inquinate da materiali più fini e nel tratto mediano e più a monte sono caratterizzati da una maggiore frazione fine che in profondità diventa quasi esclusiva.

Il quadro stratigrafico e geotecnico prospettato suggerisce interventi di scavo da affrontare con cautela, soprattutto laddove in fregio a preesistenze edilizie o infrastrutture, sia per non turbare gli equilibri ad oggi constatati, sia per la sicurezza delle maestranze.

Le opere strutturali potranno essere progettate e verificate utilizzando le parametrizzazioni

fornite, nelle more dei normali controlli in corso d'opera da parte dei geologi incaricati dell'assistenza ai lavori.

Per quanto attiene infine il trattamento dei materiali eccedenti provenienti dagli scavi, si rimanda alla normativa di Legge vigente.

Si specifica peraltro che ad esclusione delle strutture ed ai rimaneggiamenti superficiali (conseguenti alle urbanizzazioni ed alle infrastrutture presenti) il sottosuolo naturale è costituito da depositi alluvionali entro i quali le prospezioni effettuate non hanno denunciato significative frazioni di rocce verdi (serpentiniti, serpentinoscisti, eclogiti, anfiboliti, gabbri, metagabbri, basalti, metabasalti e terreni da esse derivati) e dunque di litologie che potrebbero determinare contaminazione.

Alla luce degli accertamenti eseguiti e nelle more delle indicazioni forniti, si conclude circa la fattibilità delle opere progettate, ben inseribili ed adattabili alle realtà geologiche dell'area.

Sestri Levante, settembre 2017



Dott. geol. Giovanni Rizzi



Dott. geol. Barbara Musante

COMUNE DI COGORNO

(CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA)

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

E MESSA IN SICUREZZA DEL CENTRO ABITATO DI SAN SALVATORE

TRATTI TERMINALI FOSSATO SAN SALVATORE E RIO PESSA

(Piano di Bacino Stralcio – D.L. 180/98 e ss.mm.ii. – Ambito 16 Fiume Entella)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

COMMITTENTE: COMUNE DI COGORNO

PROGETTISTA: STUDIO ASSOCIATO ING. SERGIO BRIZZOLARA – ING. STEFANO STURLA

INDICE DEI CAPITOLI

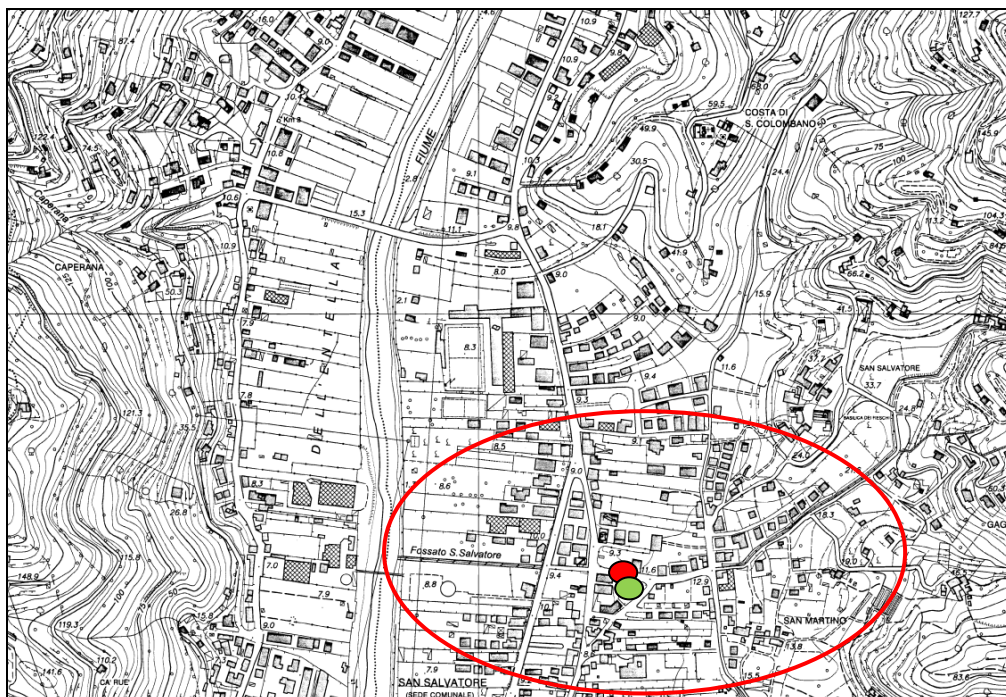
1. *PREMESSE*
2. *INQUADRAMENTO NORMATIVO*
3. *INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO*
4. *VALUTAZIONE IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO DEL CORSO D'ACQUA*
5. *INDAGINE SISMICA*
 - 5.1 *STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA APPLICATA*
 - 5.2 *LOCALIZZAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI*
 - 5.3 *CONCLUSIONI E DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO Vs30*
6. *SONDAGGIO GEOGNOSTICO*
 - 6.1 *STRATIGRAFIA*
 - 6.2 *PROVE IN SITU: STANDARD PENETRATION TEST*
7. *ANALISI DI LABORATORIO*
8. *PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA*
9. *CARATTERIZZAZIONE SISMICA*
10. *CRITICITA' ALLA LIQUEFAZIONE*
11. *CONCLUSIONI*

ALLEGATI

- TAV. 1: *COROGRAFIA*
TAV. 2: *CARTA DELLA RETE IDROGRAFICA SIGNIFICATIVA*
TAV. 3: *CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO*
TAV. 4: *CARTA DELLE FASCE DI INONDABILITÀ*
TAV. 5: *SCHEMA STRATIGRAFICO*
TAV. 6: *STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA*
TAV. 7: *SEZIONE GEOELETTRICA*
TAV. 8: *BACINO DEI CORSI D'ACQUA*
TAV. 9: *UBICAZIONE PROSPEZIONE GEOFISICA*
TAV. 10: *STRATIGRAFIA CAROTAGGIO*
TAV. 11: *PLANIMETRIA TECNICA*
TAV. 12: *PROFILO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO LONGITUDINALE*

1. PREMESSE

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto del progetto di fattibilità tecnica ed economica relativo alle condizioni di deflusso idraulico dei tratti terminali del fossato San Salvatore (circa 500m ml a valle della confluenza con il rio Pessa sino allo sfocio nel fiume Entella e circa 160m a monte della stessa confluenza) e del rio Pessa (circa 700m a monte della confluenza con il fossato San Salvatore).



TAV. 1: Corografia: settore di interesse

Sondaggio geognostico S1 ●

Prospezione geofisica ●

L'area è caratterizzata da un tessuto urbano piuttosto continuo in un contesto a morfologia pianeggiante, tipica del fondovalle costituito dall'ampia piana associata al fiume Entella, in corrispondenza della conoide alluvionale relativa al tributario di sinistra rio della Pessa (poi fossato San Salvatore).

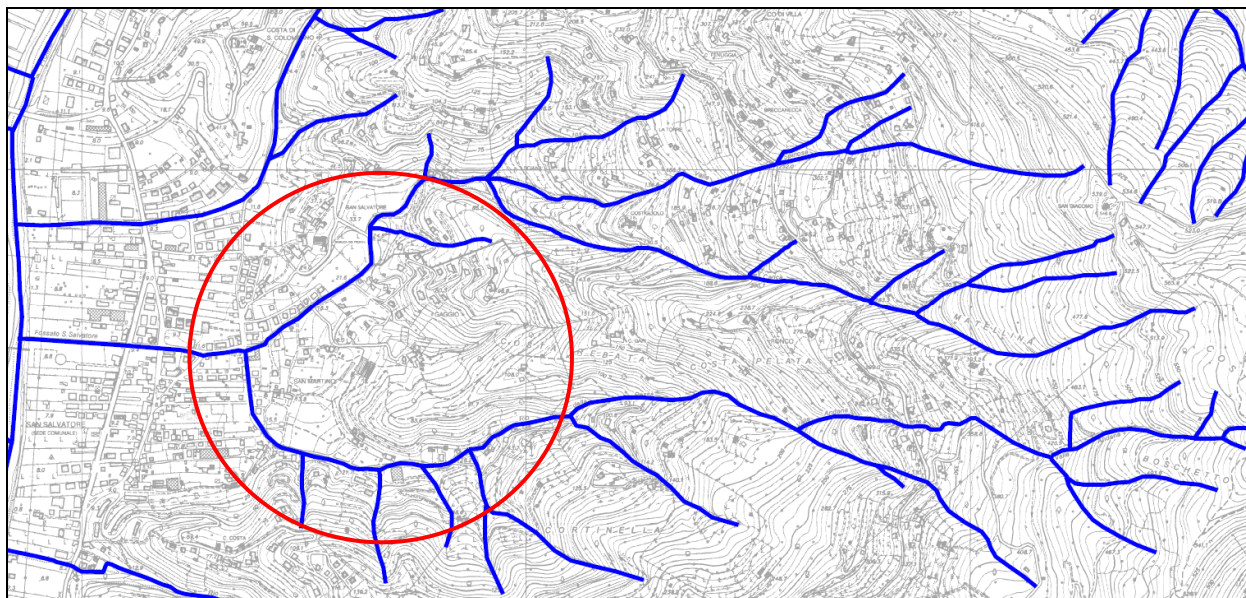
Al fine di fornire un inquadramento geologico concreto sulle condizioni del territorio sono state importati e riletti dati relativi a precedenti campagne geognostiche svolte dagli scriventi nello stesso ambito (cfr. Tav. 1 - Corografia); conseguentemente l'articolazione dell'indagine è stata la seguente:

- Analisi bibliografia disponibile
- Rilevamento geologico-geomorfologico di superficie
- indagine sismica finalizzata alla determinazione dei rapporti spettrali HV
- n°1 sondaggio a carotaggio continuo, denominato S1, spinto alla profondità di -25m da pc
- n°4 prove in situ di tipo SPT (Standard Penetration Test)
- analisi geotecniche di laboratorio

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Per quanto attiene gli strumenti normativi vigenti è stata consultata la cartografia allegata al Piano di Bacino 180/98 (Ambito 16) che ha evidenziato le zonizzazioni di seguito riportate in stralcio.

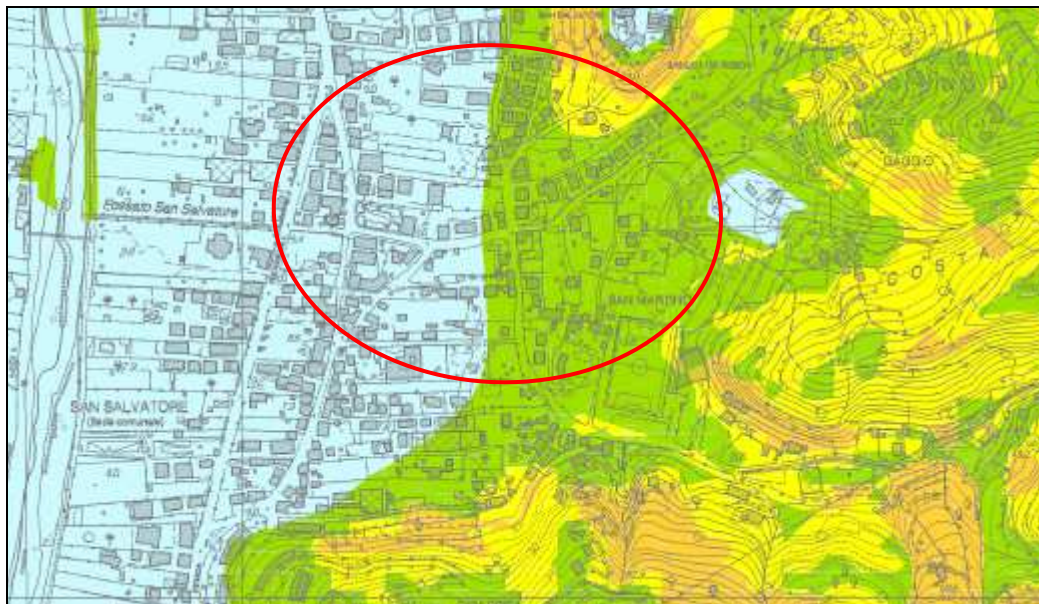
TAV. 2: CARTA DELLA RETE IDROGRAFICA SIGNIFICATIVA: l'intervento interessa un tratto di rivo classificato nel reticolo idrografico, affluente di sinistra del Fiume Entella



—— Limite del Piano di Bacino

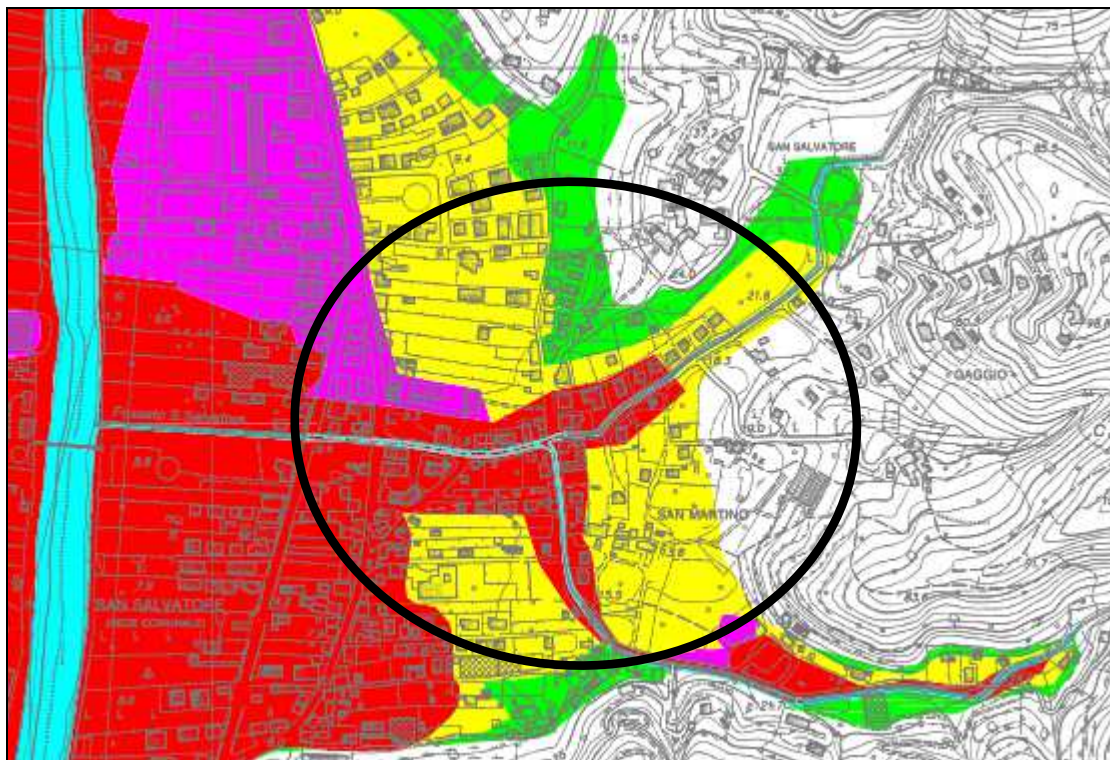
—— Reticolo idrografico














TAV. 3: CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO: area a Suscettività molto bassa (Pg0)



CLASSI DI SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO			NORME DI ATTUAZIONE
	MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2 Art. 16ter
	ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3 Art. 16ter
	ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter Art. 16ter
	MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
	BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
	MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
CLASSI SPECIALI			
	TIPO A - Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio		Art. 16bis, c. 2
	TIPO B ₁ - Cave inattive e miniere abbandonate		Art. 16bis, c. 3
	TIPO B ₂ - Discariche dismesse e rifiuti antropici		Art. 16bis, c. 5
	Area di costa alta/falesia attiva per le quali si rinvia al Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero Approvato con DCR n. 18 del 25/09/2012		

TAV. 4: CARTA DELLE DELLE FASCE DI INONDABILITÀ: la zona è soggetta ad inondabilità per portate con tempi di ritorno cinquantennali



FASCE FLUVIALI		NORME DI ATTUAZIONE
	FASCIA A	Art. 15, c. 2
	FASCIA A*	Art. 15, c. 4bis
	FASCIA B	Art. 15, c. 3
	FASCIA B* (Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini non sufficienti)	Art. 15, c. 4bis
	FASCIA C	Art. 15, c. 4
	FASCIA C (Aree storicamente inondate in tratti indagati)	Art. 15, c. 4
	ALVEO	Art. 13
	ALVEO TOMBINATO	Art. 13
CRITICITÀ IDRAULICHE PUNTUALI		
	Manufatto o copertura non verificata per T=50 anni	
	Manufatto o copertura non verificata per T=200 anni	
	Manufatto o copertura non verificata per T=500 anni	
	Proiezione dei viadotti	
	Limite del bacino	

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO

Lo schema geologico a scala territoriale propone una serie sedimentaria che si trova a contatto con le rocce verdi sul limite occidentale della zona ofiolitica della Val Graveglia e del Bargonasco, nell'entroterra della costa compresa tra Lavagna e Sestri Levante.

In corrispondenza di tale limite compaiono di volta in volta i vari tipi di ofioliti, i diaspri, i calcari a Calpionelle tipo maiolica, entrambi strettamente associati al primo termine della serie.

La serie geologica degli affioramenti ofiolitici di val Graveglia-Bargonasco è costituita, a partire dal termine più antico, da serpentiniti, gabbri, basalti, ai quali seguono i diaspri ed i calcari a Calpionella.

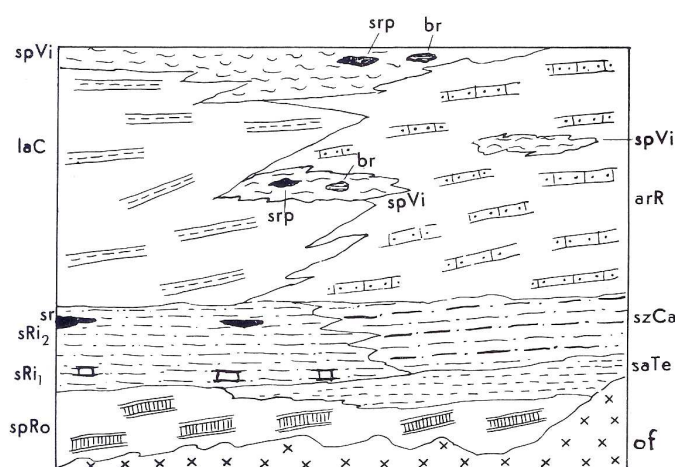
La serie cretacea, costituita da diversi livelli di Argilloscisti, Ardesie, Arenarie di M.te Ramaceto (compresa tra il Titoniano-Berriasiano e il Turoniano), si estende verso l'alto in continuità con la serie precedente e si sviluppa arealmente verso Ovest e Sud-Ovest a partire dal limite suddetto, modellando anche i rilievi retrostanti le cittadine di Lavagna, Cogorno e Chiavari.

La continuità della serie sedimentaria si interrompe in prossimità della Collina delle Grazie (Chiavari) e lungo l'incisione del retrostante rio Campodonico (affluente di destra del torrente Rupinaro) per l'affioramento della Formazione dei Flysch di Monte Antola, costituita da alternanze ritmiche di banchi calcareo-marnosi, arenarie micacee, argilloscisti e strati argilloso-marnosi.

La Formazione dei Calcari di Monte Antola caratterizza inoltre, come noto, l'intero versante litoraneo tra Chiavari e Genova, salvo il localizzato mascheramento dovuto ai Conglomerati oligocenici di Portofino sull'omonimo promontorio.

Il settore di interesse è ubicato sulla sponda orografica sinistra del Fiume Entella, sull'estesa piana alluvionale che caratterizza il corso d'acqua stesso. Sul versante in destra, opposto a quello di interesse (territorio di Chiavari), affiora la Formazione delle Argille a palombini mentre in sinistra (territorio di Cogorno), a partire dalle prime propaggini collinari, si riscontra il pendio

costituito dalla Formazione delle Ardesie (Tav. 2), interrotta localmente e per un breve areale dalla facies degli Scisti argillosi manganesiferi, lastroidi con intercalazioni di scisti rossi e di arenarie quarzose compatte (R. Terranova: "La serie cretacea degli argiloscisti fra le valli dei Torrenti Entella e Petronio (Appennino Ligure)" - Atti dell'Istituto di Geologia dell'Università di Genova – Anno IV, 1966 – Volume I, Fascicolo I. Dalla succitata pubblicazione viene di seguito proposto lo schema stratigrafico riassuntivo; in legenda vengono riportate le attuali attribuzioni formazionali.



TAV. 5: SCHEMA STRATIGRAFICO

Dove:

F. delle Argilliti di Giaiette

spVi: Argiloscisti policromi con intercalazioni di scisti rossi (srp) e di brecce poligeniche (br)
(S. Vittoria di Libiola)

F. delle Arenarie del M.te Gottero

arR: Arenarie di M.te Ramaceto

F. di Val Lavagna

laC: Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi con intercalazioni di arenarie, argiloscisti e calcareniti (M. Capenardo)

szCa: Scisti argillosi grigi e scisti argilloso-arenacei bruni alternanti (argiloscisti zonati di Castagnola)

sRi₂: Scisti argillosi manganesiferi, con intercalazioni di scisti rossi (sr) e di arenarie quarzose (Valle Rigone)

sRi₁: Scisti argillosi grigi con intercalazioni di calcari argillosi pseudopalombini (Valle Rigone)

saTe: Argiloscisti e scisti argilloso-arenacei con straterelli di fini arenarie (Terisso)

F. delle Argille a Palombini

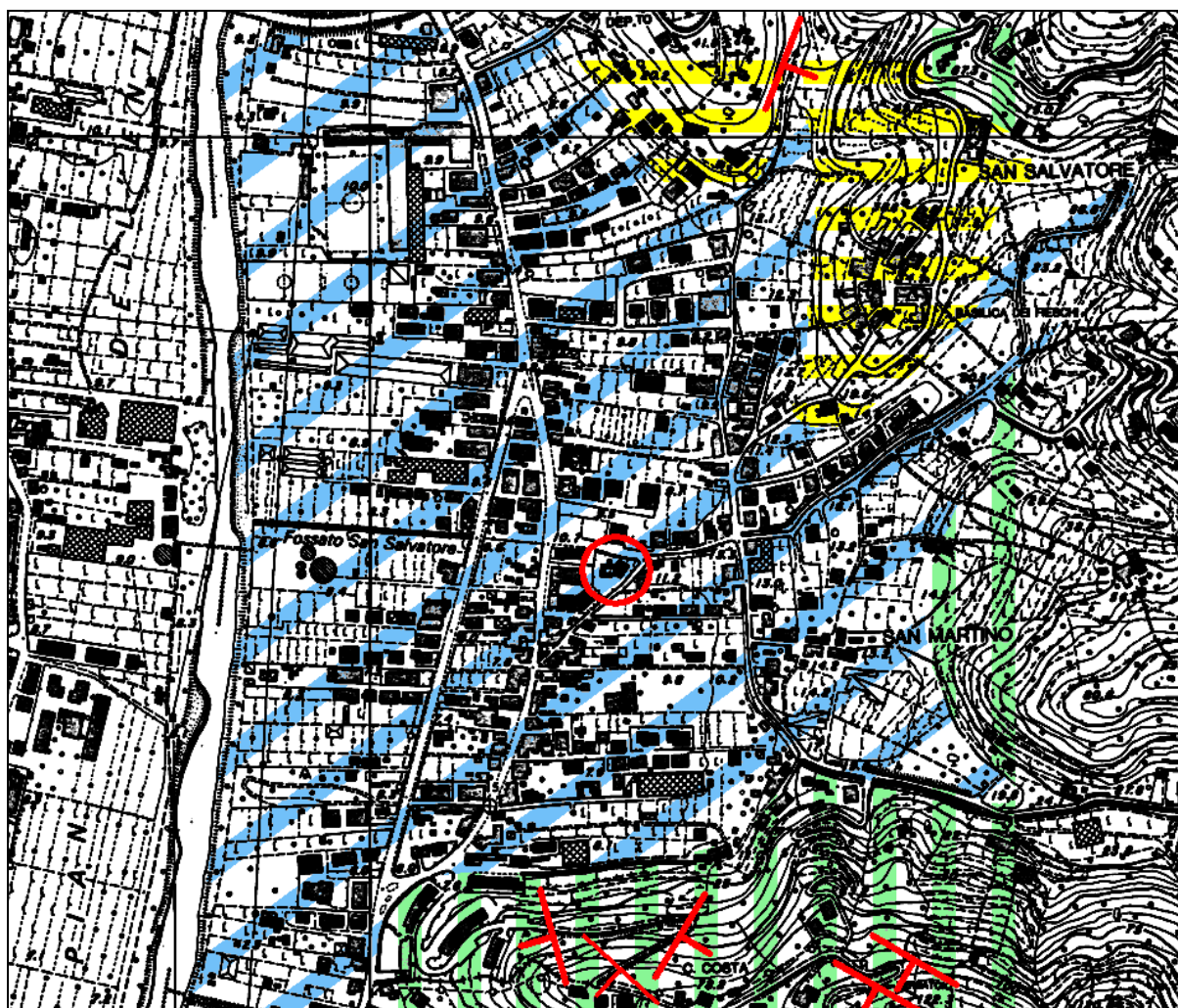
spRo: Scisti argillosi e argilloso-marnosi con intercalazioni di calcari palombini (S. Rocco di Zerli)

Basamento Ofiolitico

of: Ofioliti della Val Graveglia e del Bargonasco

Di seguito viene inoltre proposta una carta geologica di dettaglio della zona su base C.T.R.

TAV. 6: STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA



PIANA ALLUVIONALE



FORMAZIONE DELLE ARDESIE



FORMAZIONE DEGLI SCISTI DI VAL LAVAGNA



GIACITURE DI STRATO



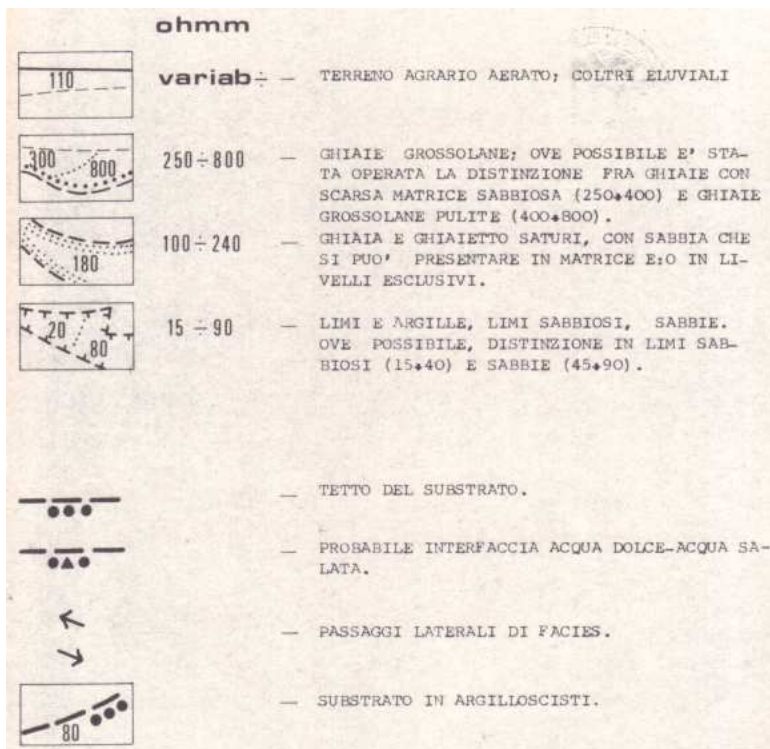
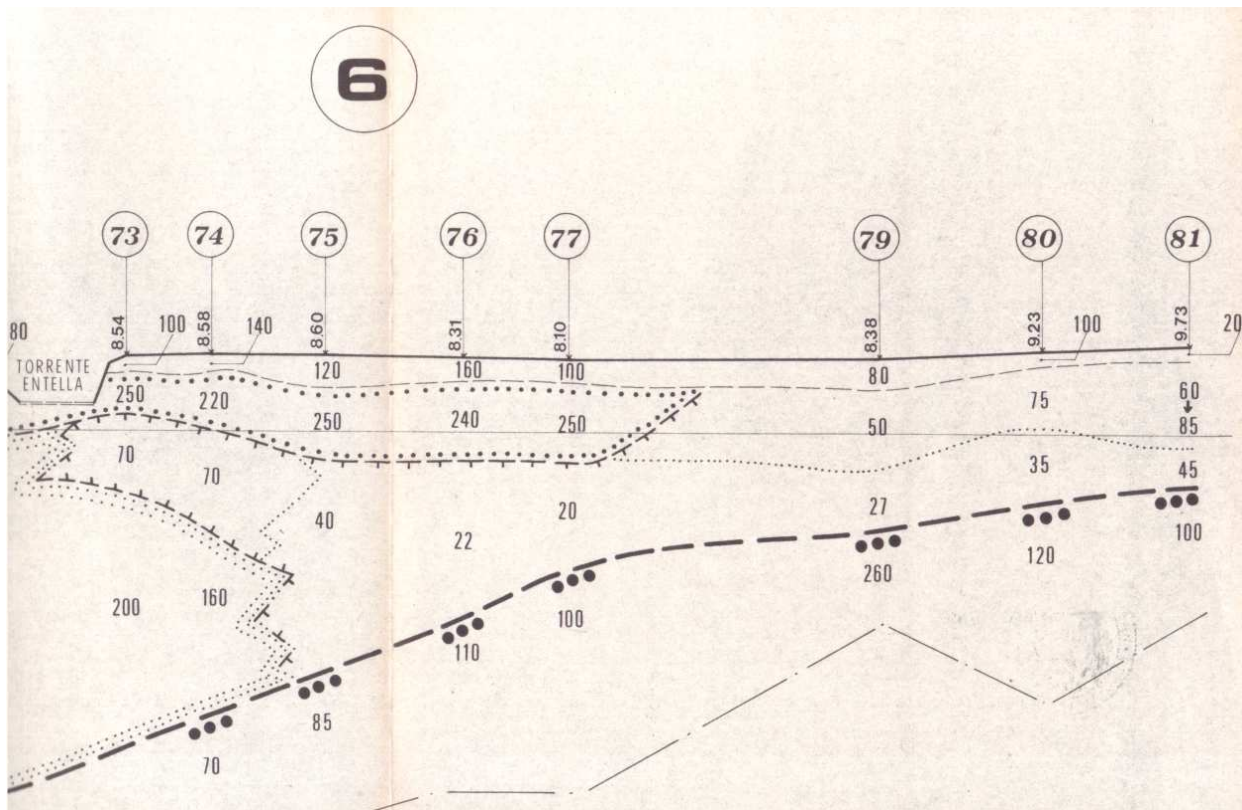
AREA SOTTOPOSTA AD INDAGINI GEOGNOSTICHE (SCUOLA)

Sotto il profilo geomorfologico, ricerche bibliografiche sulla piana dell'Entella permettono di estrapolare utili informazioni sia in ordine all'andamento del paleoalveo che in ordine alla granulometria delle alluvioni (Cortemiglia G.C., De Stefanis A., Marini M., Terranova R. - L'idrogeologia del bacino del T. Entella nel quadro di un programma di gestione e protezione delle falde acquifere nella Provincia di Genova – Atti del 3° Convegno internazionale sulle acque sotterranee – Palermo 1975).

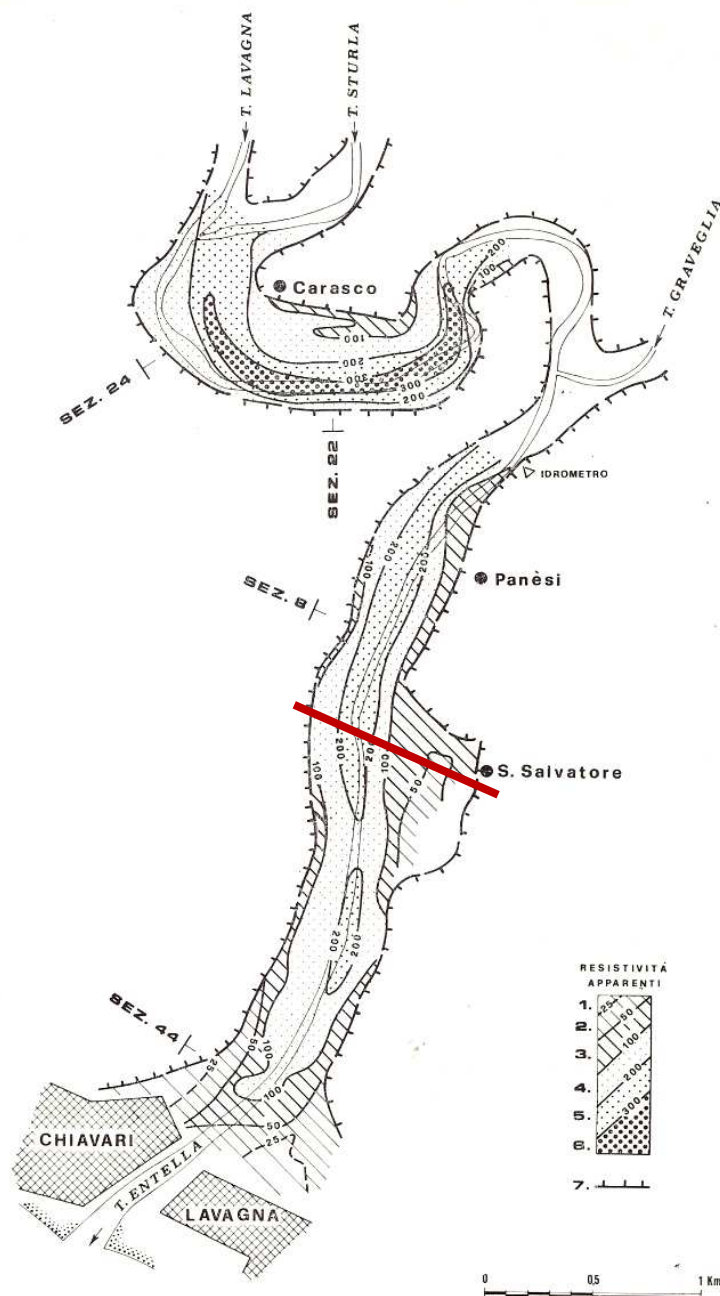
L'indagine geoelettrica di cui sopra ha mostrato che quasi tutto l'alveo alluvionale del fiume Entella è costituito da alluvioni più o meno grossolane, abbastanza omogenee fino ad almeno 1,5km dalla foce; solo in questo ultimo tratto, che forma il delta recente del corso d'acqua, le alluvioni grossolane profonde sono isolate da quelle superficiali sature da un orizzonte limoso che impedisce l'ulteriore alimentazione delle falde profonde.

Anche perifericamente alla piana nella zona di San Salvatore si riscontra l'estensione di un orizzonte a granulometria fine da ascrivere evidentemente ad apporti dai versanti ma anche alla formazione di ambienti acquitrinosi di "stanca fluviale".

Viene di seguito proposta una rappresentazione grafica delle situazioni geomorfologiche e stratigrafiche ipotizzabili lungo la piana ricavate attraverso prospezioni geoelettriche, tratta dalla pubblicazione di Cortemiglia et al. del 1975, richiamando altresì la sez. 6 interessante specificatamente l'areale di San Salvatore.



TAV. 7: SEZIONE GEOELETTRICA



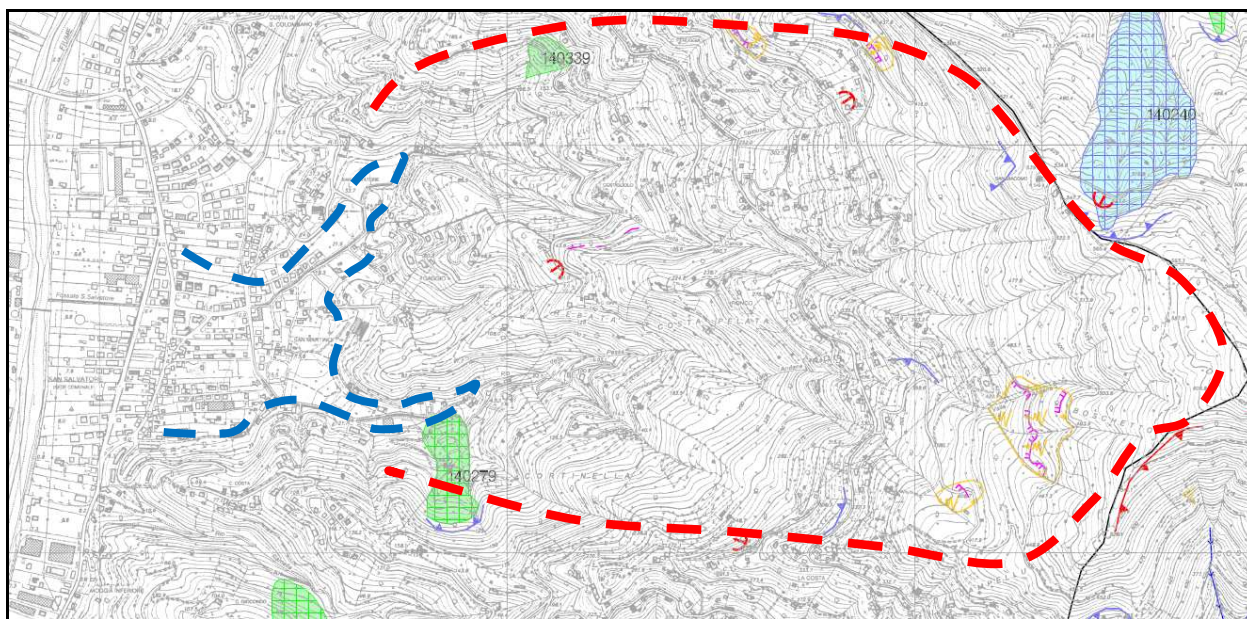
TAV. 7 BIS: UBICAZIONE SEZIONE GEOELETRICA - *Carta delle resistività delle piane più importanti del T. Entella con delimitazione della pianura (linea a denti); nella scala delle resistività apparenti, i rigati si riferiscono a complessi prevalentemente argillosi, mentre i puntinati si riferiscono a complessi prevalentemente ghiaioso-ciottolosi. L'estensione del profilo del bedrock verso il pendio retrostante la piana, lascia immaginare un rapido ridimensionamento del materasso di copertura in termini di spessore.*

4. VALUTAZIONI IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO DEL CORSO D'ACQUA

Come noto, uno degli aspetti più delicati in ordine all'adeguatezza delle sezioni idrauliche durante fenomeni alluvionali è rappresentato dal possibile trasporto solido dei corsi d'acqua in funzione della "stabilità geomorfologica" dei pendii attraversati.

L'esteso bacino del fosso San Salvatore e del rio Pessa ha origine sul crinale di Costa San Giacomo ed attraversa un versante caratterizzato da numerosi impluvi secondari variamente orientati cui corrispondono altrettanti fossi.

Sostanzialmente le aste torrentizie scorrono in gran parte discretamente incise, sia nel tratto a monte che in quello mediano (in colore rosso nella planimetria seguente) mentre nelle zone più a valle (in colore azzurro) i percorsi "pseudopianeggianti" non si limitano all'attraversamento della piana dell'Entella (tratti terminali) ma si estendono alle conoidi presenti alla chiusura delle principali valleciole.



TAV. 8: BACINO DEI CORSI D'ACQUA

Nelle prime due zone citate (tratti sommitali e mediani) i corsi d'acqua scorrono

frequentemente su roccia affiorante o subaffiorante e dunque sono infrequenti fenomeni di erosione di fondo tuttavia la forte acclività dei versanti può generare instabilità coinvolgenti sia le coltri di copertura che il cappellaccio roccioso, anche in relazione allo stato manutentivo del territorio che non appare sempre efficace e periodico.

Nella terza zona (tratto terminale) il rio - che scorre come detto sui depositi delle conoidi e sulla piana alluvionale pseudo pianeggiante - è vulnerabile a depositi di materiali trasportati dalle acque anche in rapporto alla repentina diminuzione della sua pendenza.

Riguardo le caratteristiche del materiale eventualmente trasportato, per le ragioni anzidette, esso è ascrivibile prevalentemente a coltri eluvio-colluviali (dunque a granulometria medio-fine) ed a detriti conseguenti al crollo di muri di fascia.

5. INDAGINE SISMICA

Pur essendo nella fase di progettazione preliminare è parso utile fornire alcuni inquadramenti circa gli aspetti geologici applicativi che dovranno necessariamente essere affrontati nelle successive fasi di progettazione definitiva-esecutiva attraverso prospezioni dirette come si dirà nel prosieguo della narrativa.

Obiettivo principale dell'indagine sismica effettuata in fregio all'Istituto scolastico già menzionato è stato la determinazione della stratigrafia sismica delle onde di taglio S onde consentire la determinazione della categoria del suolo di fondazione così come previsto dalla normativa D.M. 14/01/2008 – N.T.C.

L'indagine sismica effettuata è consistita in una misura dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontale e verticale, per ottenere l'andamento 1D (sondaggio verticale) delle velocità V_s ; da queste si è poi stimato il parametro V_{s30} ; la misura e l'interpretazione dei dati è stata effettuata seguendo le linee guida SESAME.

5.1 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA APPLICATA

Per l'indagine HVSR è stato impiegato il sismografo SR04 (con sensore da 2 Hz) della SARA Electronic Instruments.

Le caratteristiche del sismografo sono riportate nella tabella di seguito allegata.

Alimentazione:	10-16Vdc
Consumo di energia:	< 1 W
Numero canali:	3
Convertitore A/D:	24 bit ($\Sigma\Delta$)
Range dinamico:	124dB @ 100SPS
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	10,20,25,50,100,200 (standard) 300,400,480,600 (opzionali su richiesta)
Impedenza d'ingresso:	300 kOhm
Sensibilità:	2V p-p (119nV/count)
Compatibilità ingressi:	sensori elettrodinamici e sensori attivi (4V p-p con jumpers interni)
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincron. Real Time Clock:	da GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50µs
Antenna GPS:	amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
CPU:	AVR RISC processor @ 11.592MHz
Interfaccia dati sismici:	RS232 (Ethernet opzionale), cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20 (opzionale SADC20HS)
Velocità:	programmabile da 9600 a 115200 baud
Interfaccia dati GPS:	RS232
Formato dati:	NMEA; 4800 baud, n,8,1
Contenitore:	Alluminio pressofuso IP55
Temperatura operativa:	-30/+60°C
Dimensioni:	160x190x80 mm (senza sensori) 220x200x105 mm (con sensori)
Peso:	senza sensori: 1400g con sensori da 4.5Hz: 2400g con sensori da 2Hz: 3700g
Certificazioni:	CE (EN55022, EN55011)

Gli effetti di sito, secondo la teoria dei filtri lineari, si possono considerare come una delle trasformazioni che il segnale sismico $u(t)$ registrato in superficie subisce rispetto alla sorgente $s(t)$:

$$u(t) = s(t) * g(t) * e(t) * i(t)$$

essendo $g(t)$ la funzione di propagazione, $e(t)$ la funzione che descrive gli effetti di sito ed $i(t)$ la funzione che descrive le caratteristiche dello strumento di registrazione.

Gli effetti di sito sono determinati soprattutto dal contrasto di impedenza (prodotto densità velocità) causato dal passaggio dell'onda sismica all'interfaccia roccia-terreno. Inoltre la risposta sismica locale varia anche in base a caratteri geometrici e meccanici del sottosuolo, quali:

- irregolarità morfologiche superficiali e profonde;
- eterogeneità verticali, orizzontali e laterali;
- comportamento non-lineare e dissipativo dei terreni.

La valutazione degli effetti di sito può essere stimata tramite la tecnica dei rapporti spettrali (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr) tra le componenti orizzontale e verticale dei microtremori, cioè oscillazioni continue di suolo di piccola ampiezza (1 – 10 μ m) originate dalla sovrapposizione di effetti generati da sorgenti naturali e disturbi artificiali.

Le assunzioni principali della metodologia HVSr sono:

- I) i microtremori sono composti da diversi tipi di onde che si propagano in strati superficiali di terreno sovrapposti ad un substrato rigido in roccia;
- II) le sorgenti del microtremore sono locali; quindi si trascura qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde;
- III) le sorgenti superficiali non influiscono sulle caratteristiche del moto alla sommità del bedrock;
- IV) la componente verticale del moto non risente degli effetti di amplificazione da parte dello strato superficiale.
- V) i rapporti tra le componenti orizzontali $R_H(f)$ e verticali $R_V(f)$ in superficie e alla base dello strato sedimentario dipendono solo dall'ampiezza del moto misurato in superficie e alla base del bedrock.

Nakamura (1989) ha però trovato sperimentalmente che alla base dello strato superficiale, per tutte le frequenze, l'ampiezza della componente orizzontale è all'incirca la stessa di quella verticale, cioè pari ad 1, perciò si determina che la stima del fattore di amplificazione di sito $R(f)$ è data dal rapporto spettrale:

$$R(f) = H_s(f)/V_b(f)$$

Questa tecnica è estremamente vantaggiosa, poiché consente la valutazione della risposta di sito senza uno spettro di riferimento, come invece, avviene per un'altra tecnica (SSR: Standard

Spectral Ratios), in cui si utilizza un rapporto su spettri calcolati, su di una finestra temporale comune, tra il sito di riferimento su basamento roccioso ed i siti su terreni sedimentari.

5.2 LOCALIZZAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Le misure sono state effettuate in due diversi siti, C1 (entro i giardini antistanti la scuola e adiacenti alla via) e C2 (nel cortile sottostante la scuola, in prossimità della posizione del sondaggio meccanico a carotaggio continuo eseguito nella stessa occasione), in ciascuno dei punti di misura i microtremori sono stati acquisiti per 20min sulle tre componenti.



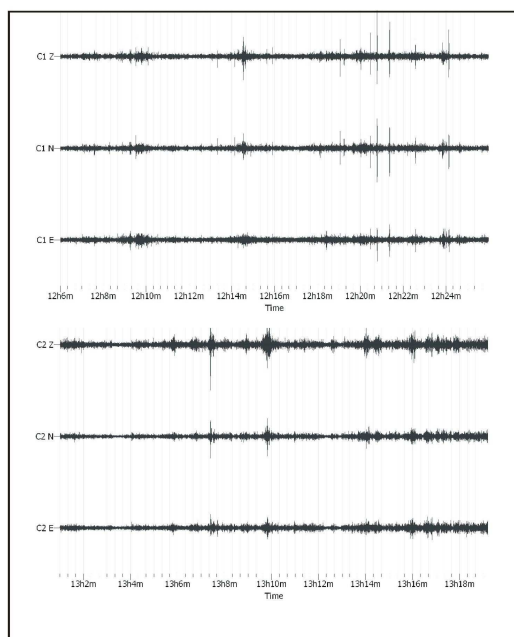
TAV. 9: UBICAZIONE PROSPEZIONE GEOFISICA



● Localizzazione dei due punti di misura C1 e C2

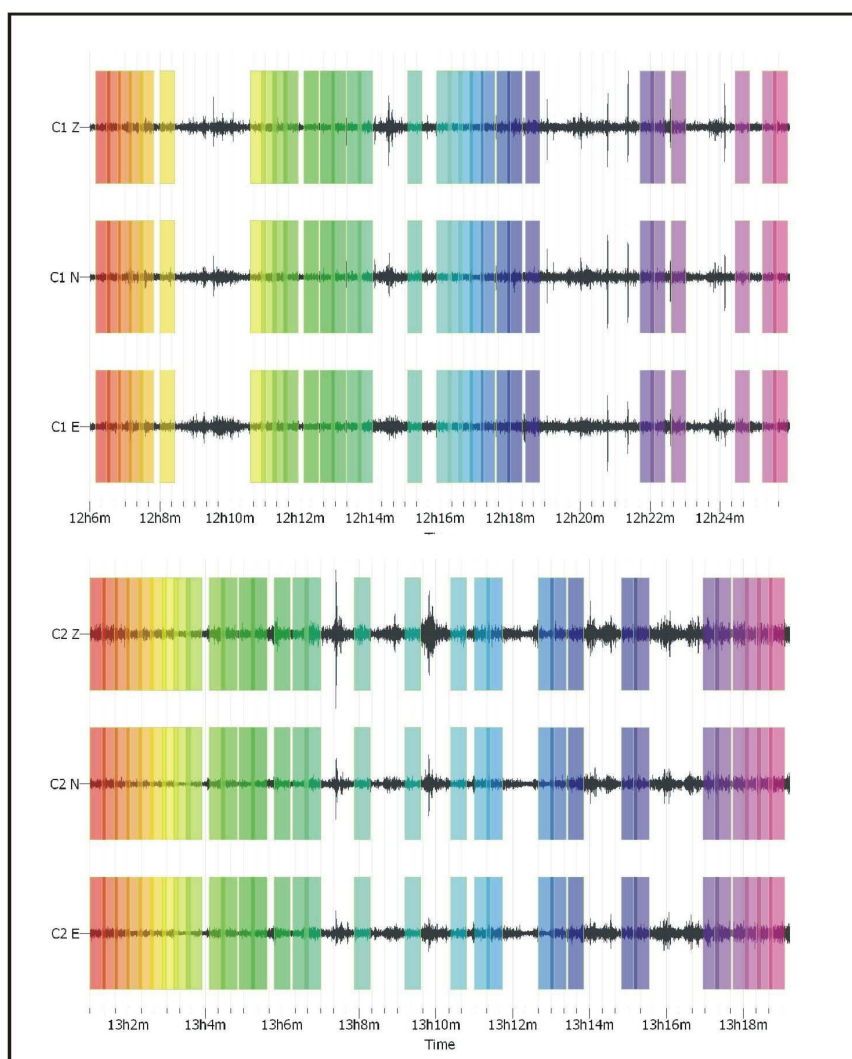
— Tombinatura fossato San Salvatore

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Geopsy (SESAME, 2004) per ottenere le curve medie del rapporto spettrale HV.



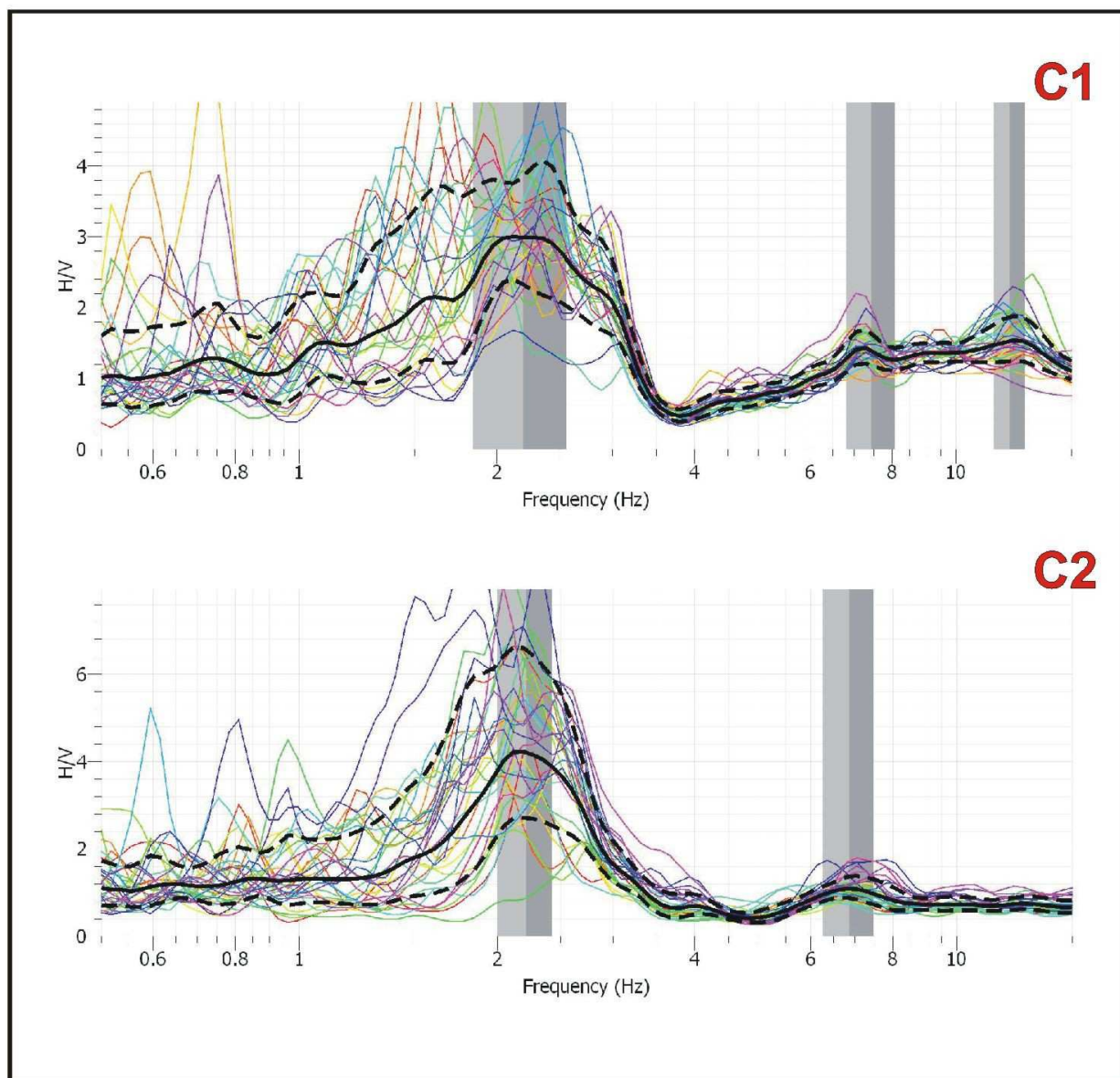
Registrazioni delle tre componenti nei due punti di misura C1 e C2.

I dati su cui poi eseguire il rapporto spettrale sono stati selezionati dai dati grezzi tramite un algoritmo 'antitrigger' basato sul confronto tra media a corto e lungo termine (STA/LTA, SESAME 2004). In questo modo si sono eliminati i transienti dovuti a sorgenti intense e ravvicinate che tipicamente sono non stazionari. Le finestre selezionate (ciascuna di 25s) sono presentate nella figura sottostante. I diversi colori identificano le diverse finestre in modo da poterne poi identificare gli spettri corrispondenti nella successiva figura.



Finestre di dati utilizzate per il calcolo dei rapporti spettrali per le due stazioni C1 e C2

Sulle sole finestre evidenziate nella figura sopra riportata si sono quindi calcolati i rapporti spettrali tra le componenti orizzontale e verticale. Gli spettri ottenuti per ciascuna finestra e la loro media geometrica sono presentati in figura. In essa è altresì visibile l'errore della stima dello spettro medio, definito come deviazione standard rispetto alla media.



Rapporti spettrali HV: sono evidenziati i picchi principali rilevati

Dai rapporti spettrali medi si sono individuati i seguenti picchi principali e secondari HV:

Stazione	Picco	Media (Hz)	Minimo (Hz)	Massimo (Hz)
C1	Principale	2.2	1.8	2.6
	Secondario	7.4	6.8	8
	Secondario	12.1	11.4	12.7
C2	Principale	2.2	2	2.4
	Secondario	6.9	6.3	7.5

Il sito C1 presenta degli errori di stima maggiori rispetto al C2 e valori delle frequenze di picco leggermente diverse.

Va tenuto conto che C1 è localizzato nel giardino antistante l'ingresso principale della scuola, in prossimità della strada e della tombinatura del fosso San Salvatore.

La sua quota è di circa 5 m superiore a quella di C2 (cortile sottostante).

Questo spiega perché le frequenze dei picchi sono leggermente diverse, vi è un picco rilevabile in più e gli errori di stima sono maggiori.

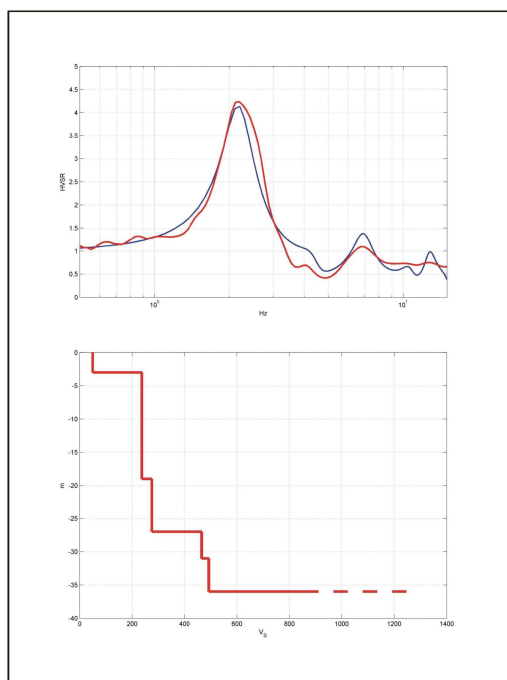
Considerando anche il fatto che il sito C2 è il più vicino (8 m) e alla stessa quota del sondaggio geognostico, l'interpretazione della stratigrafia sismica è stata effettuata solo per quest'ultima stazione.

Per ottenere la stratigrafia sismica (VS) in corrispondenza del sito C2 si è utilizzato l'approccio e il relativo software Model HVSR presentato da Herak (2008).

La curva HV viene invertita tramite il metodo di Monte Carlo, ottenendo un modello delle variazioni della velocità delle onde S con la profondità.

Il miglior modello ottenuto è presentato di seguito, insieme al confronto tra la curva HV misurata e calcolata; le velocità VS aumentano gradualmente con la profondità.

La discontinuità principale è stata rilevata alla profondità di 36 m, e può essere interpretata come l'interfaccia tra substrato roccioso sano e sedimenti sovrastanti; tra la superficie e il substrato roccioso, nella successione sedimentaria, sono state individuate altre due discontinuità, rispettivamente a 3 e 27 m dal piano campagna, interpretabili come significative variazioni nella granulometria del sedimento.



Modello sismo stratigrafico (V_s) in C2 (in basso).

Il confronto tra curva misurata (in rosso) e calcolata (in blu) è presentato in alto

5.3 CONCLUSIONI E DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO VS30

In base ai valori di V_s presentati nel grafico precedente è possibile stimare il parametro Vs30 definito come la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30m del sottosuolo secondo la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

h_i	spessore strato i -esimo
V_i	velocità strato i -esimo

Applicando la formula al caso in esame, con riferimento al piano campagna, si ottiene il valore:

$$V_{s30} = 202 \text{ m/s}$$

che consente di considerare il terreno di studio come appartenente e alla categoria C dei suoli di fondazione (NTC DM 14/01/2008), e quindi assimilabile a “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360m/s.

Si sottolinea che il parametro V_{s30} è calcolato in riferimento al piano campagna.

6. SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Come per il capitolo precedente, con la disamina di seguito introdotta si intende fornire un inquadramento stratigrafico e geotecnico desunto da campagne geognostiche pregresse svolte nella stessa zona; in tal senso è già stato anticipato che nell’ambito delle indagini per la scuola è stato eseguito un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 25m da pc (cortile sottoposto in quota alla strada comunale); durante l’avanzamento della perforazione sono state eseguite n° 4 prove SPT (Standard Penetration Test) finalizzate alla parametrizzazione geotecnica degli orizzonti stratigrafici investigati.

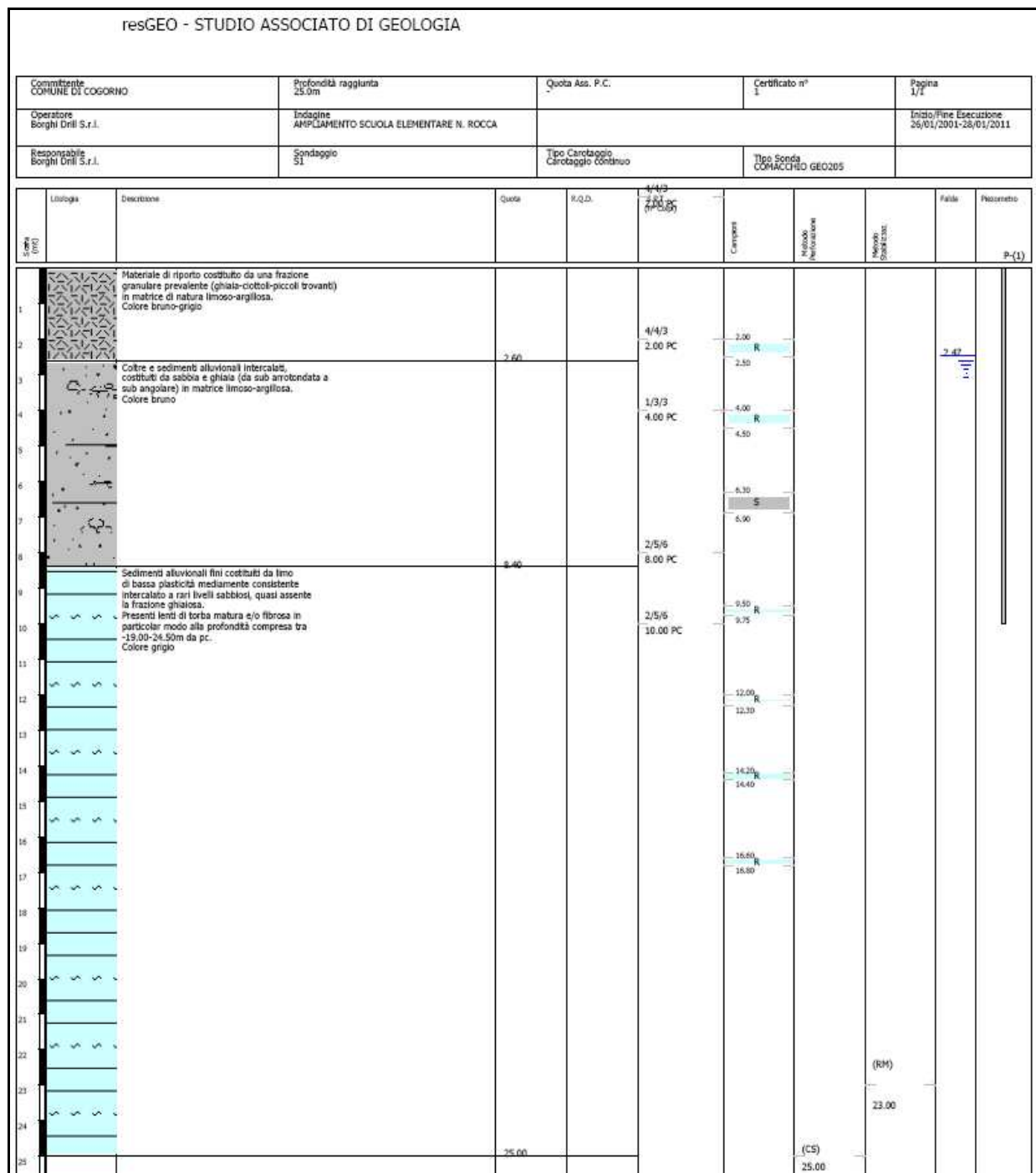
Successivamente sono stati selezionati un campione di tipo indisturbato e n° 6 campioni di tipo rimaneggiato da sottoporre ad analisi di laboratorio; al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato con tubo piezometrico per la misurazione della falda idrica che è stata rilevata ad una profondità di – 2.5m da pc.



Ubicazione Sondaggio a carotaggio continuo in area adiacente alla copertura del rio San Salvatore

6.1 STRATIGRAFIA

L'analisi visuale dei campioni di terreno prelevati, debitamente confrontata con i risultati delle prove di laboratorio, ha consentito la ricostruzione della stratigrafia di seguito riportata.



TAV. 10: STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO

6.2 PROVE IN SITU: STANDARD PENETRATION TEST

Le risultanze delle prove SPT sono state rielaborate mediante l'applicazione di correlazioni note in letteratura, debitamente specificate, che hanno fornito i seguenti risultati:

S1 SPT1 (2.00-2.45m): 4/4/3

S1 SPT2 (4.00-4.45m): 1/3/3

S1 SPT3 (8.00-8.45): 2/5/6

S1 SPT4 (10.00-10.45m): 2/5/6

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
S1 SPT1	7	2,45	Gibbs & Holtz 1957	59
S1 SPT2	6	4,45	Gibbs & Holtz 1957	47
S1 SPT3	11	8,45	Gibbs & Holtz 1957	57
S1 SPT4	11	10,45	Gibbs & Holtz 1957	51

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
S1 SPT1	7	2,45	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
S1 SPT2	6	4,45	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
S1 SPT3	11	8,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
S1 SPT4	11	10,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m ³)
S1 SPT1	7	2,45	Meyerhof ed altri	1,62
S1 SPT2	6	4,45	Meyerhof ed altri	1,58
S1 SPT3	11	8,45	Meyerhof ed altri	1,99
S1 SPT4	11	10,45	Meyerhof ed altri	1,99

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
S1 SPT1	7	2,45	Terzaghi-Peck	1,90
S1 SPT2	6	4,45	Terzaghi-Peck	1,89
S1 SPT3	11	8,45	Meyerhof ed altri	2.10
S1 SPT4	11	10,45	Meyerhof ed altri	2.10

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
S1 SPT1	7	2,45	Peck-Hanson-	29.0
S1 SPT2	6	4,45	Peck-Hanson-	28,7
S1 SPT3	11	8.45	Peck-Hanson-	30.1
S1 SPT4	11	10.45	Peck-Hanson-	30.1

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
S1 SPT1	7	2,45	Schmertmann (56
S1 SPT2	6	4,45	Schmertmann	48
S1 SPT3	11	8.45	Apollonia	110
S1 SPT4	11	10.45	Apollonia	110

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
S1 SPT1	7	2,45	(A.G.I.)	0,34
S1 SPT2	6	4,45	(A.G.I.)	0,34
S1 SPT3	11	8.45	(A.G.I.)	0,33
S1 SPT4	11	10,45	(A.G.I.)	0,33

7. ANALISI DI LABORATORIO

Sui campioni prelevati durante la perforazione sono state eseguite varie prove di laboratorio finalizzate alla determinazione delle classificazioni dei terreni nonché delle relative caratteristiche di resistenza e deformabilità.

In particolare sono stati eseguiti i seguenti tests:

- Determinazione della curva granulometrica (mediante setacciatura e per sedimentazione), A.S.T.M. D421-93/D422-90
- Determinazione dei limiti di Atterberg, A.S.T.M. D4318-00
- Determinazione del peso di volume - B.S. 1377-2
- Determinazione del contenuto in acqua naturale - A.S.T.M. D 2216-98
- Prove di taglio diretto con scatola di Casagrande CD - A.S.T.M. D 3080
- Prove triassiale UU - A.S.T.M. D2850-99

I risultati ottenuti vengono riportati sinteticamente nella seguente tabella:

S1

Campione	S1 CR1 (2.00-2.50m)	S1 CR2 (4.00-4.50m)	S1 CI1 (6.30-6.90m)	S1 CR3 (9.50-9.75m)
W (%)	-		20.1	-
γ (kN/m ³)	-		20.6	-
Ghiaia (%)	49.18	33.77	17.94	17.72
Sabbia (%)	30.83	47.44	33.38	29.75
P200 (%)	19.99	18.79	48.69	52.53
Limo (%)	-	-	-	32.17
Argilla (%)	-	-	-	20.36
LL	27.7	30.9	31.1	30.7
IP	5.4	4.8	8.7	3.9
Φ (°)	-		35.2	-
c' (kPa)	-		15.4	-
cu (kPa)	-		-	-
Class. U.S.C.S.	GM-GC	SM	SM-SC	ML

Campione	S1 CR4 (12.0-12.3m)	S1 CR5 (14.2-14.4m)	S1 CR6 (16.6-16.8m)
W (%)	24.78	32.87	37.38
γ (kN/m ³)	18.41	18.12	17.25
Ghiaia (%)	17.20	0.00	0.00
Sabbia (%)	41.03	0.26	0.14
P200 (%)	41.95	99.74	99.86
Limo (%)	26.77	-	-
Argilla (%)	15.18	-	-
LL	30.4	35	37.4
IP	5.4	9.6	8.3
Φ (°)	-	-	-
c' (kPa)	-	-	-
cu (kPa)	24.5	23.0	22.7
Class. U.S.C.S.	SM	ML	ML

Il livello superficiale, presente fino a circa 2.50-3.00m da pc, rappresenta un livello rimaneggiato caratterizzato da una frazione granulare predominante di natura ghiaioso-sabbiosa e da una frazione fine (P200) attestata intorno al 20% e con grado di plasticità basso.

In successione è posizionato un livello di coltre e sedimenti alluvionali variamente intercalati costituiti da sabbia (33.38-47.44%) e ghiaia (17.94-33.77%) e da una frazione limoso-argillosa variabile dal 18.79 al 48.69%

Al di sotto si riscontra un livello francamente alluvionale costituito prevalentemente da limo di bassa plasticità (IP: 8.3-9.6) intercalato a livelli subordinati di sabbia (29.75-41.95%) e limo di bassa plasticità (41.95-52.53%), subordinata la frazione ghiaiosa (circa 17%).

8. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

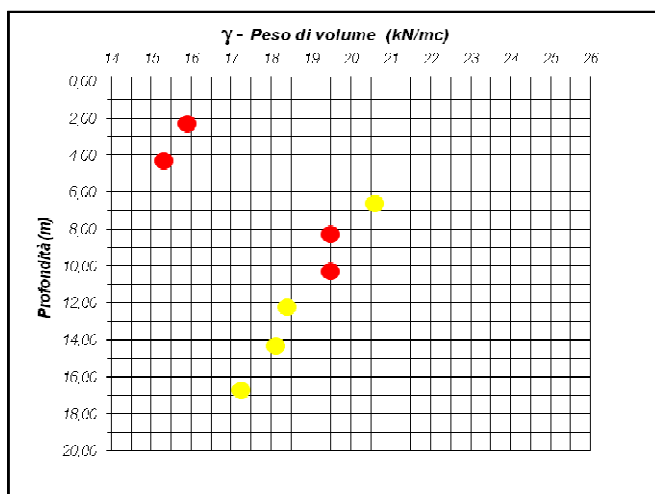
Redatto il modello geologico-stratigrafico si propone la relativa parametrizzazione geotecnica.

I valori attribuiti derivano dall'elaborazione congiunta dei risultati delle prove SPT e dei tests di laboratorio. In particolare è stato esaminato l'andamento del peso di volume e dell'angolo di attrito efficace (resistenza al taglio) in funzione della profondità.

In ottemperanza alle NTC stabilite dal D.M. 14/01/2008 sono stati quindi calcolati i valori geotecnici medi e caratteristici.

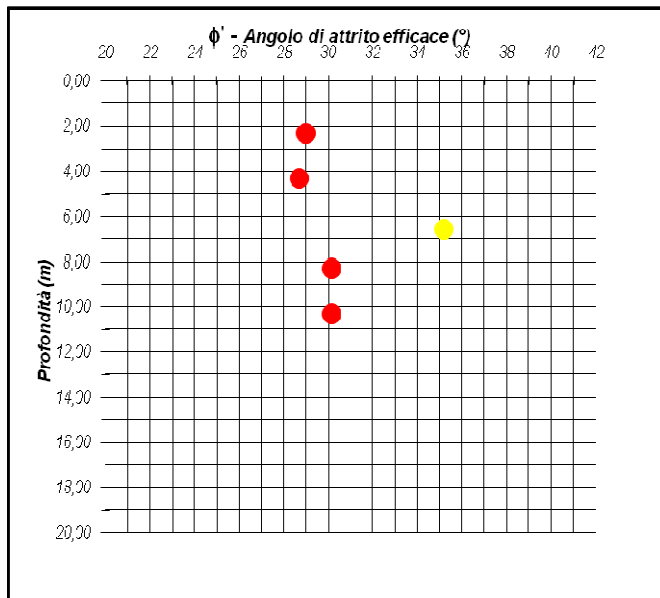
- S1- SPT
- Prove di laboratorio

Peso di volume unitario



Per quanto riguarda l'andamento del peso di volume unitario dall'analisi del grafico si evince un forte grado di eterogeneità nelle misure, per questo motivo si è ritenuto opportuno, anche in rapporto alla progettazione in oggetto, di procedere al calcolo del valore medio di ognuno dei tre orizzonti individuati.

Angolo di attrito efficace



I valori rappresentativi dell'angolo di attrito evidenziano valori omogenei per tutta la profondità indagata per cui si è ritenuto opportuno calcolare un unico valore geotecnico medio rappresentativo. Si specifica inoltre che in accordo alle NTC stabilite dal D.M. 14/01/2008 per tali parametri rappresentativi dei terreni si ritiene possa essere imposta l'uguaglianza tra i valori medi (f_m) ed i valori caratteristici (f_k), per cui $f_m = f_k$.

Si riporta quindi la parametrizzazione geotecnica relativa ai tre livelli individuati:

Livello I (0.00-4.50m da pc):

Peso di volume medio unitario (kN/m^3): 15.6

Peso di volume saturo medio unitario (kN/m^3): 18.5

Coesione efficace c' media (kPa): 0 (in assenza di evidenze sperimentali)

Angolo di attrito efficace medio: 30.6

Modulo di elasticità di Young medio (kg/cm^2): 52

Modulo di Poisson medio: 0.34

Livello II (4.50-10.50m da pc):

Peso di volume medio unitario (kN/m^3): 19.9

Peso di volume saturo medio unitario (kN/m^3): 20.6

Coesione efficace c' media (kPa): 15.4

Angolo di attrito efficace medio: 30.6

Modulo di elasticità di Young medio (kg/cm^2): 110

Modulo di Poisson medio: 0.33

Livello III (>10.50m da pc):

Peso di volume medio unitario (kN/m^3): 17.9

Resistenza al taglio non drenata media (kPa): 23.4

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Con la D.G.R. 17/03/2017 n. 216 è stata approvata la nuova classificazione sismica, in particolare per il Comune di Cogorno è stata confermata la classe sismica 3 con $\text{pga} = 0,15g$.

La normativa tecnica, ai fini del calcolo dell'azione sismica, prescrive di determinare la categoria del suolo di fondazione; nel caso specifico, in base ai risultati della prospezione sismica, è possibile associare gli orizzonti stratigrafici individuati nel corso delle indagini alla categoria "C": rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180m/s e 360m/s.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante approccio "sito dipendente" attraverso la determinazione dei parametri sismici.

Si fornisce di seguito un breve inquadramento delle condizioni sismiche del territorio di interesse con riferimento alla scuola già citata.

PARAMETRI SISMICI:

Classe d'uso: II

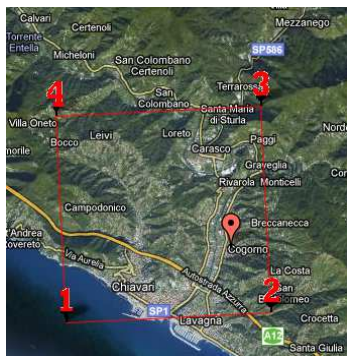
Vita nominale: 50 anni

Coefficiente cu: 1

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1 – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media “i” minore o uguale a 15°

SITO IN ESAME



COORDINATE WGS84	COORDINATE ED50
Latitudine: 44.328107	Latitudine: 44.329068
Longitudine: 9.3531632	Longitudine: 9.354198

SITI DI RIFERIMENTO (COORD. ED50)

	ID	LAT.	LONG.	DISTANZA (m)
SITO1	17367	44.3107	9.2982	4897.138
SITO2	17368	44.3132	9.3680	2078.222
SITO3	17146	44.3631	9.3646	3874.941
SITO4	17145	44.3607	9.2949	5881.994

10. CRITICITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Per quanto riguarda la criticità alla liquefazione bisogna specificare come, in accordo con il D.M. 14/01/2008, tale verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0.1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15m da pc, per piano di campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$;
5. distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici di riferimento riportati in Normativa in funzione del coefficiente di uniformità (U_c).

Si è dunque ritenuto opportuno eseguire una preliminare verifica della magnitudo M attesa nei quattro siti di riferimento in relazione allo stato limite SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita) così come indicato in normativa, a tal fine è stata consultata la mappa di pericolosità sismica disponibile sul sito dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) nonché i grafici di disaggregazione della pericolosità sismica.

A scopo chiarificativo si riporta sinteticamente un estratto dell'articolo: "Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M - R - ϵ " - D. Spallarossa, S. Barani - Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Università di Genova.

La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M - R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M . Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M - R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che

contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R. Lo studio affronta la disaggregazione della pericolosità sismica italiana (Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

L'analisi di disaggregazione è stata condotta per 16852 siti corrispondenti ai nodi della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS, 2004). Le mappe conclusive di pericolosità sismica, ottenute impiegando il formalismo ad albero logico, sono state elaborate in termini di mediana della distribuzione dei valori di pericolosità anziché in termini di valori medi. Pertanto la disaggregazione è stata condotta adottando quali input i modelli ed i valori dei parametri lungo il ramo dell'albero logico a cui corrispondono i valori di pericolosità più prossimi a quelli mediani di riferimento. In particolare, sono stati disaggregati i valori mediani di scuotimento (relativi a suolo rigido), espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA), corrispondenti a 9 periodi di ritorno (RP): 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 e 2500 anni. Per ciascun sito, i risultati sono stati restituiti in termini di distribuzioni M-R- ϵ da cui sono stati ricavati i valori medi e modali di tali parametri. Da questi sono state elaborate le mappe di M, R ed ϵ per l'intero territorio nazionale. I risultati evidenziano che all'aumentare del periodo di ritorno aumenta il contributo alla pericolosità di un dato sito da parte di terremoti forti a brevi distanze. I risultati ottenuti nello studio possono risultare utili nella selezione di accelerogrammi a scopi di progettazione e/o per analisi dinamiche (es. analisi numeriche di risposta sismica locale).

Si riportano dunque i risultati delle analisi effettuate:

	ID	Magnitudo M	Distanza (km)	ε
SITO1	17367	4.850	14.600	0.736
SITO2	17368	4.840	12.200	0.792
SITO3	17146	4.870	12.300	0.902
SITO4	17145	4.860	14.000	0.770

Nei siti di riferimento risulta quindi che la magnitudo attesa in riferimento allo SLV è sempre minore di 5 di conseguenza in prima analisi si può ipotizzare l'omissione della verifica alla liquefazione.

11. CONCLUSIONI

Il complesso di indagini effettuate e di dati ottenuti ha consentito di ricavare il modello geologico della porzione di territorio su cui scorrono i corsi d'acqua in questione a cui, attraverso le prospezioni, è stato possibile abbinare un modello geotecnico medio che potrà essere utilizzato per la progettazione delle opere previste nonché una base su cui impostare gli approfondimenti geognostici di routine da effettuare in corso d'opera.

Come meglio descritto negli elaborati progettuali, a seguito dei calcoli derivanti dal modello idraulico, sono state previste le seguenti opere:

- a) allargamento del tratto di copertura a valle della confluenza tra il rio Pessa e il fossato San Salvatore (circa 250 ml) con larghezze portate a valori tra 8 e 9 metri ed eliminazione di un paio di restringimenti localizzati nel tratto del fossato San Salvatore a monte della suddetta confluenza
- b) adeguamento idraulico del nodo di confluenza tra il rio Pessa e il fossato di San Salvatore, anche con riferimento a quanto emerso a seguito dell'indagine strutturale di tipo visivo per i tratti di copertura esistente eseguita dagli ingegneri incaricati

- c) allargamento del tratto del fossato San Salvatore a cielo aperto a valle della copertura (circa 220 ml), con larghezze variabili da 6 a 8 metri e abbassamento dell'alveo di circa 60 cm, con partenza dal salto attualmente presente immediatamente a valle della pista ciclabile, portando tale salto dall'attuale altezza di circa 2m ad una altezza di circa 1.40m e quindi andando a ricreare una nuova pendenza di progetto fino a raccordarsi altimetricamente con lo stato attuale nella zona della confluenza tra il fossato San Salvatore e il rio Pessa
- d) allargamento in destra idraulica delle sezioni di deflusso del tratto a cielo aperto del rio Pessa, andando a sfruttare l'attuale banchina della viabilità e rifacimento dell'arginatura di sostegno alla viabilità medesima, attualmente costituita da una scarpata arginale da sostituirsi con un muro in cls, il tutto in continuità con quanto già realizzato in regime di somma urgenza
- e) risagomatura alveo e consolidamento e/o sottomurazione a tratti in sponda sinistra e destra per il tratto di rio Pessa a cielo aperto
- f) spostamento di circa 10 ml verso monte e allargamento a tutta sezione della briglia a pettine ubicata ad oggi immediatamente a monte della vasca di sedimentazione in corrispondenza dell'imbocco della copertura del rio Pessa, il tutto finalizzato a trattenere il materiale solido proveniente da monte, evitando che il rigurgito possa andare ad interferire con il "complesso" nodo dell'imbocco della copertura medesima.

Come meglio specificato sulle relazioni di progetto, l'allargamento dell'imbocco della copertura del rio Pessa previsto nella progettazione preliminare originaria, è già stato realizzato nell'ambito di un intervento in somma urgenza eseguito a seguito dell'evento alluvionale del novembre 2014.

Richiamata ancora la relazione di progetto si evidenzia inoltre che per raggiungere la completa messa in sicurezza dell'area con raggiungimento dei franchi idraulici di legge risultano necessarie ulteriori opere inserite a livello di scenario di piano di bacino e per le quali dunque saranno necessari successivamente ulteriori approfondimenti geologici.

In tal senso si richiamano i seguenti principi generali.

Al fine invece di garantire il contenimento della piena duecentennale con rispetto dei franchi idraulici di legge, vista in particolare l'impossibilità di procedere ad ulteriori allargamenti lungo il tratto di valle del fossato San Salvatore, pare necessario realizzare interventi ben più "invasivi" e onerosi rispetto a quelli oggetto della presente fase di progettazione, comprendenti tra l'altro lo scolmo di una quota parte significativa di portata che ad oggi giunge sino alla confluenza nel fiume Entella.

Stante la conformazione della rete idrografica con la presenza di due rivi dal bacino sostanzialmente identico (fossato San Salvatore e rio Pessa) nonché la densità di urbanizzazione della zona, le verifiche idrauliche hanno consentito di constatare l'impossibilità di scolmare quota parte della portata defluente nel fossato San Salvatore: dunque le ipotesi prese in considerazione sono sinteticamente:

- scolmo/deviazione dell'intero contributo del rio Pessa
- allargamento fossato San Salvatore tratto coperto a monte della confluenza

Prescindendo dagli scenari progettuali a venire, gli interventi previsti in questa fase progettuale risultano tutti interferire con i primi 4-5m di profondità, quindi con i materiali di rimaneggiamento superficiale in ambito urbano o con le coltri colluviali nelle zone limitrofe (livello 1 di TAV. 4) salvo interessare il tetto degli orizzonti sottostanti che nel tratto vallivo (da confluenza con fiume Entella fino a circa la sede comunale) sono costituiti da sabbia e ghiaia variamente inquinate da materiali più fini e nel tratto mediano e più a monte sono caratterizzati da una maggiore frazione fine che in profondità diventa quasi esclusiva.

Il quadro stratigrafico e geotecnico prospettato suggerisce interventi di scavo da affrontare con cautela, soprattutto laddove in fregio a preesistenze edilizie o infrastrutture, sia per non turbare gli equilibri ad oggi constatati, sia per la sicurezza delle maestranze.

Le opere strutturali potranno essere progettate e verificate utilizzando le parametrizzazioni

fornite, nelle more dei normali controlli in corso d'opera da parte dei geologi incaricati dell'assistenza ai lavori.

Per quanto attiene infine il trattamento dei materiali eccedenti provenienti dagli scavi, si rimanda alla normativa di Legge vigente.

Si specifica peraltro che ad esclusione delle strutture ed ai rimaneggiamenti superficiali (conseguenti alle urbanizzazioni ed alle infrastrutture presenti) il sottosuolo naturale è costituito da depositi alluvionali entro i quali le prospezioni effettuate non hanno denunciato significative frazioni di rocce verdi (serpentiniti, serpentinoscisti, eclogiti, anfiboliti, gabbri, metagabbri, basalti, metabasalti e terreni da esse derivati) e dunque di litologie che potrebbero determinare contaminazione.

Alla luce degli accertamenti eseguiti e nelle more delle indicazioni forniti, si conclude circa la fattibilità delle opere progettate, ben inseribili ed adattabili alle realtà geologiche dell'area.

Sestri Levante, settembre 2017

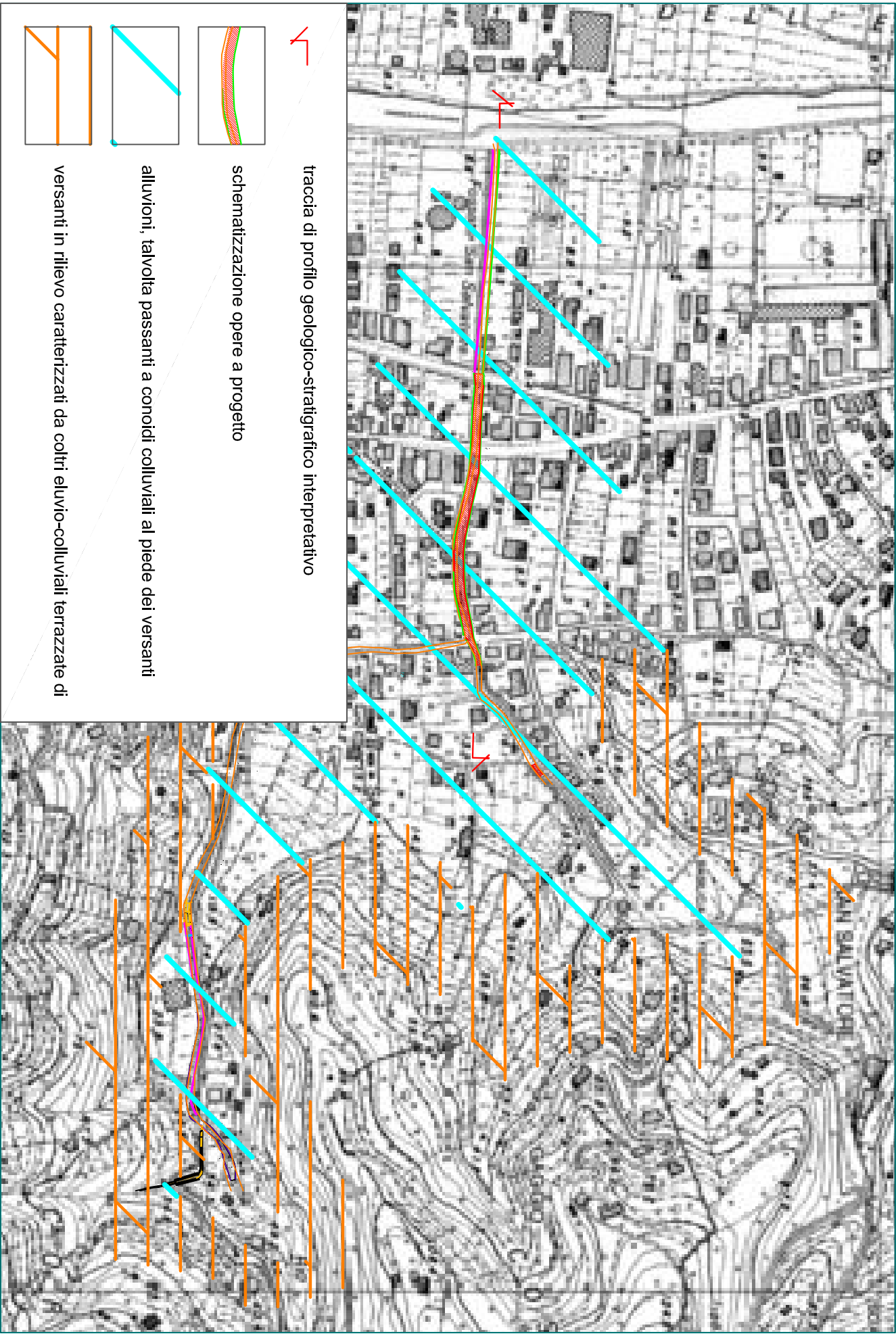


Dott. geol. Giovanni Rizzi



Dott. geol. Barbara Musante

TAV. 11: PLANIMETRIA TECNICA 1:5.000



TAV. 12: PROFILO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO LONGITUDINALE

