COMUNE DI COGORNO

(CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA)

POR FERS 2014-2020 – D.G.R. 911/2017

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CON MITIGAZIONE DEL RISCHIO

PER IL TRATTO TERMINALE DEL RIO REMIGIANO IN LOCALITA' PANESI

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE: COMUNE DI COGORNO

PROGETTISTA: STUDIO TECNICO ASSOCIATO - ING. SERGIO BRIZZOLARA & STEFANO STURLA

INDICE DEI CAPITOLI

1. *PREMESSE*
2. *INQUADRAMENTO NORMATIVO*
3. *INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO*
4. *VALUTAZIONI IN ORDINE AL POSSIBILE TRASPORTO SOLIDO*
5. *SONDAGGI GEOGNOSTICI PREGRESSI*
6. *PROVE PENETROMETRICHE*
7. *ASSETTO STRATIGRAFICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA*
8. *CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA*
9. *CARATTERIZZAZIONE SISMICA*
10. *ANALISI DELL'INTERVENTO E CONCLUSIONI*

ALLEGATI

TAV. 1: COROGRAFIA

TAV. 2: STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA – PDB AMBITO 16

TAV. 3: PLANIMETRIA TECNICA

TAV. 4: DIAGRAMMI DI INFISSIONE PENETROMETRICA

TAV. 5: SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE

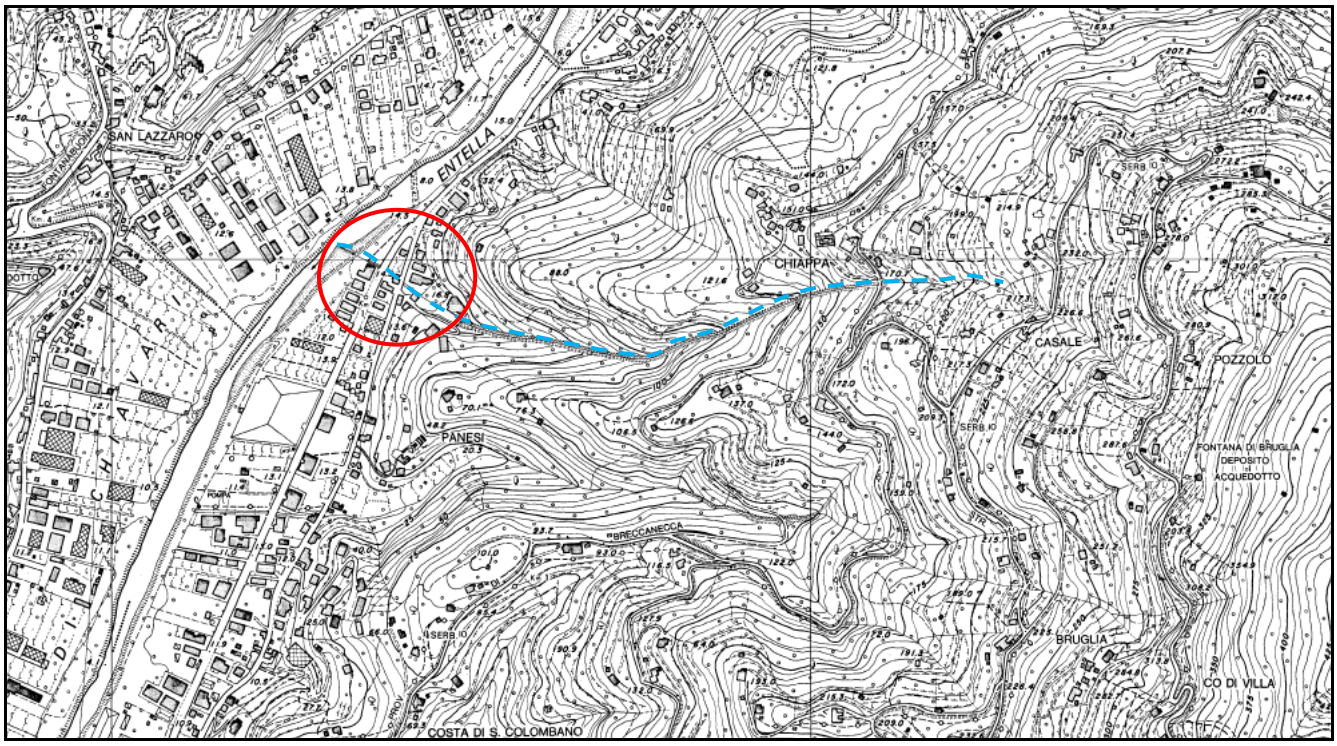
TAV. 6: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. PREMESSE

La presente relazione geologica è redatta a supporto della progettazione definitiva specificata in epigrafe, conseguente ai risultati dell'analisi di modellazione idraulica di stato attuale del rio Remigiano che mostra come il tratto terminale - a monte dello sbocco nel fiume Entella - risulti ampiamente insufficiente al deflusso della portata di piena anche per tempi di ritorno molto ridotti.

Come meglio specificato negli elaborati di progetto, gli interventi proposti integrano quelli già realizzati nell'ambito delle Somme Urgenze conseguenti agli eventi alluvionali del 2014.

Il tratto più a monte del rio risulta invece notevolmente inciso e incassato tra gli opposti versanti e non denuncia problematiche idrauliche.



TAV. 1 COROGRAFIA

L'area su cui si intende intervenire è posta sulla piana di fondovalle associata al fiume Entella ed è caratterizzata da un tessuto urbano piuttosto continuo.

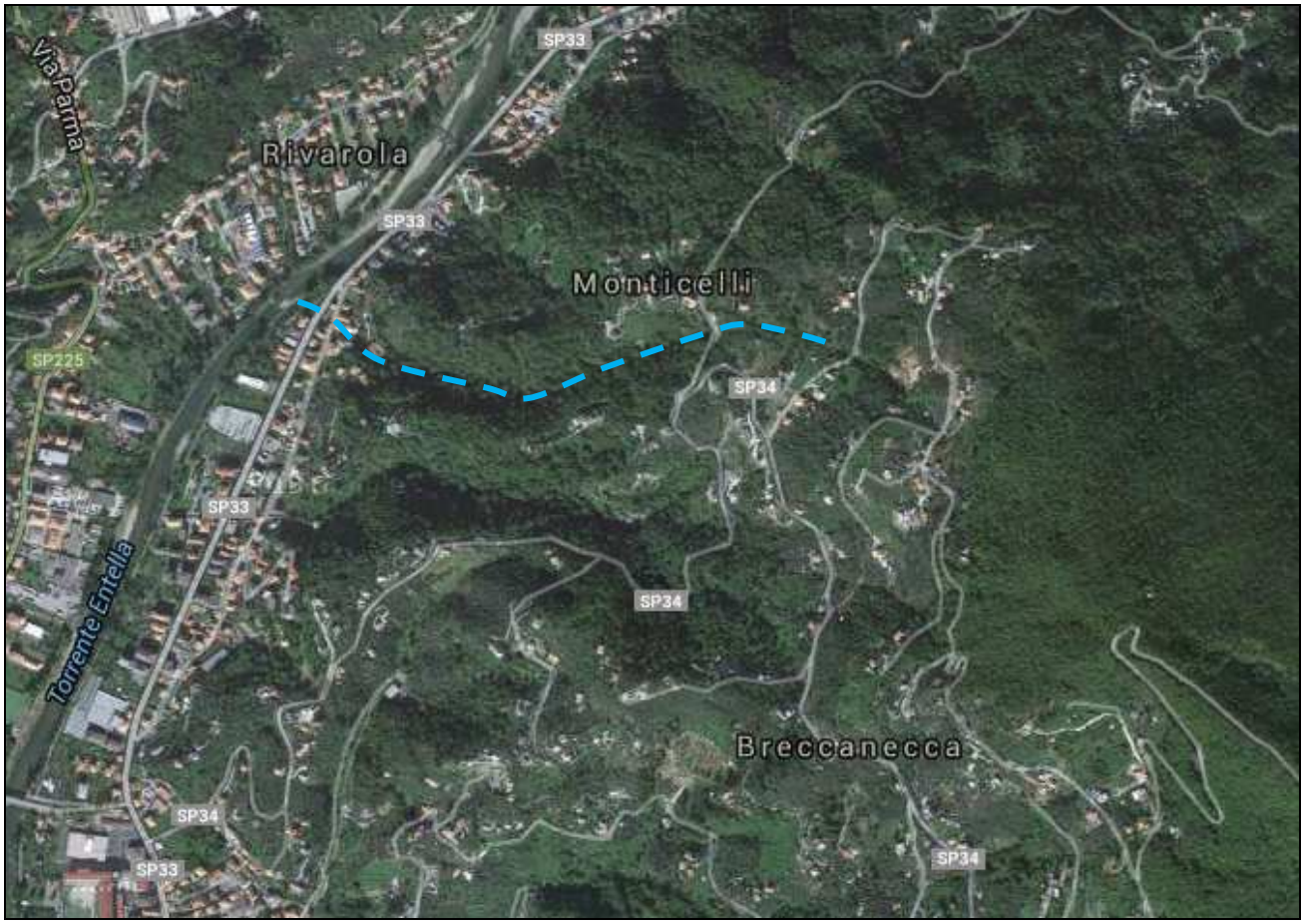


FOTO 1: VEDUTA SATELLITARE (google maps)

Il presente lavoro si pone l'obiettivo di ricostruire il "modello geologico" del sito e dell'immediato intorno, in ottemperanza alle N.T.C. - D.M. 17 gennaio 2018

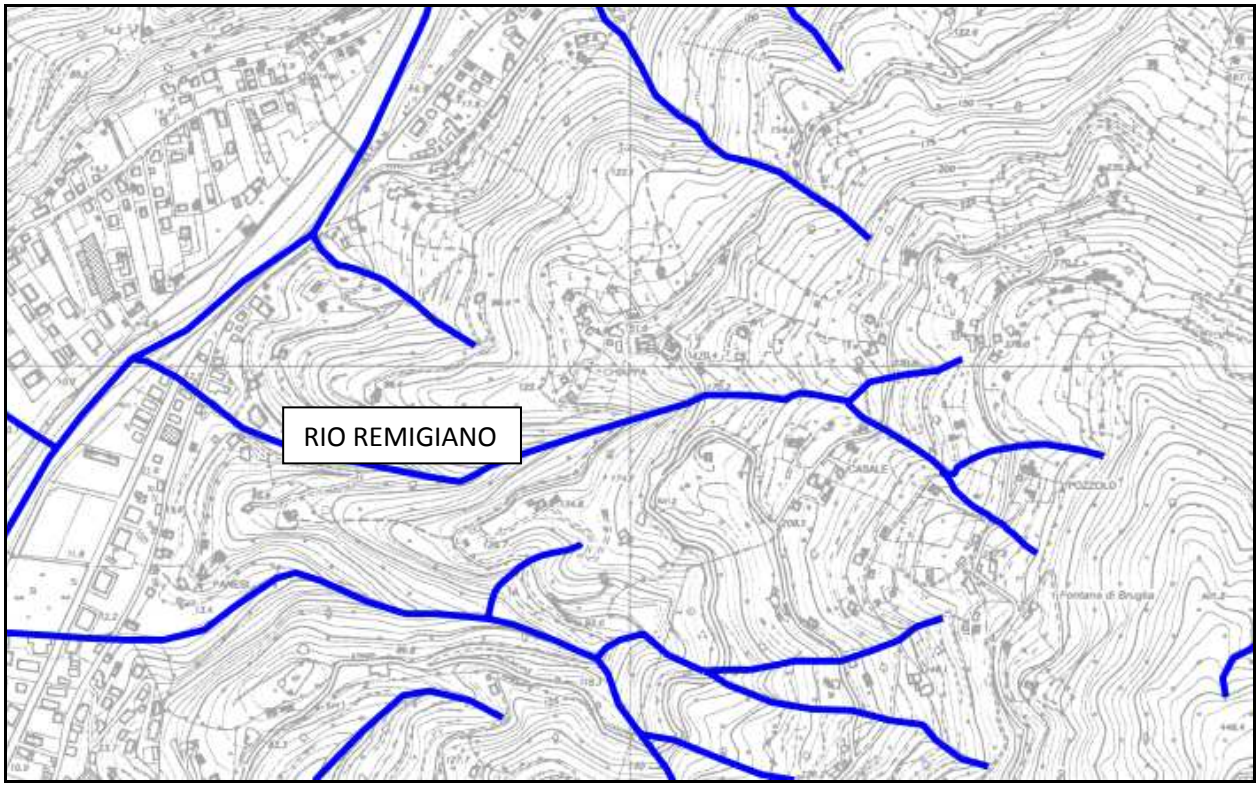
A tal fine sono stati eseguiti i seguenti approfondimenti geologici:

- analisi dati bibliografici
- rilevamento geologico-geomorfologico sul sito e su un congruo intorno
- rilevamento geomeccanico di dettaglio
- N°2 prove penetrometriche dinamiche medio-leggere (Medium)
- acquisizione e rilettura dati geognostici relativi alle indagini pregresse eseguite da questo Studio professionale in prossimità dell'area d'indagine

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Per quanto attiene gli strumenti normativi vigenti è stata consultata la cartografia allegata al Piano di Bacino 180/98 (Ambito 16). Ai sensi di tale strumento e delle relative cartografie di seguito riproposte in stralcio, la zona risulta così classificata:

- CARTA DELLA RETE IDROGRAFICA SIGNIFICATIVA: il Rio Remigiano è classificato nel reticolo idrografico

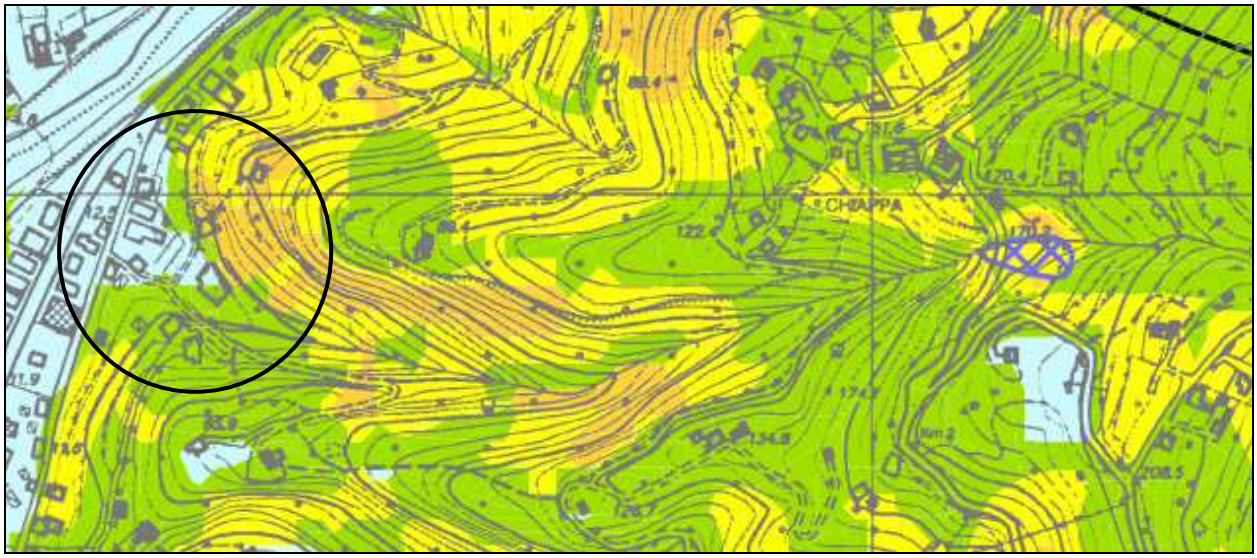


LEGENDA

Limite del Piano di Bacino

Reticolo idrografico

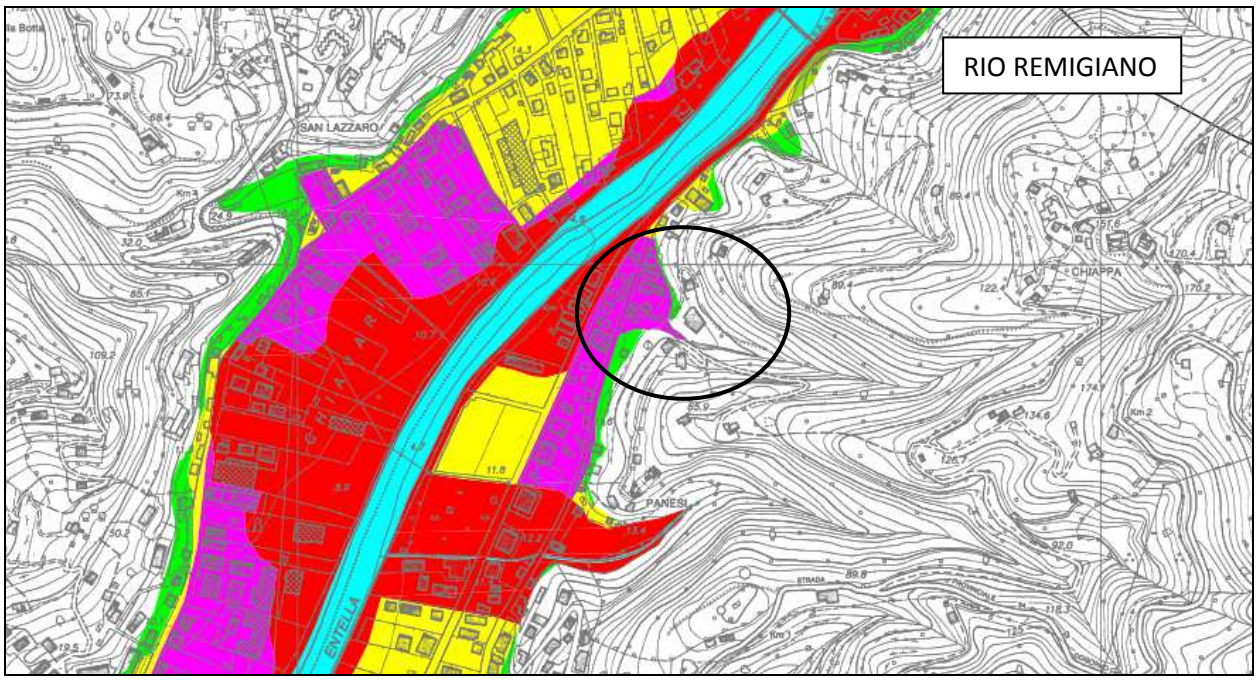
- CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO: il Rio Remigiano nel tratto d'intervento attraversa aree a suscettività al dissesto da bassa (Pg0) a bassa (Pg1)



LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' 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 riporti antropici		Art. 16bis, c. 5
Aree 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		

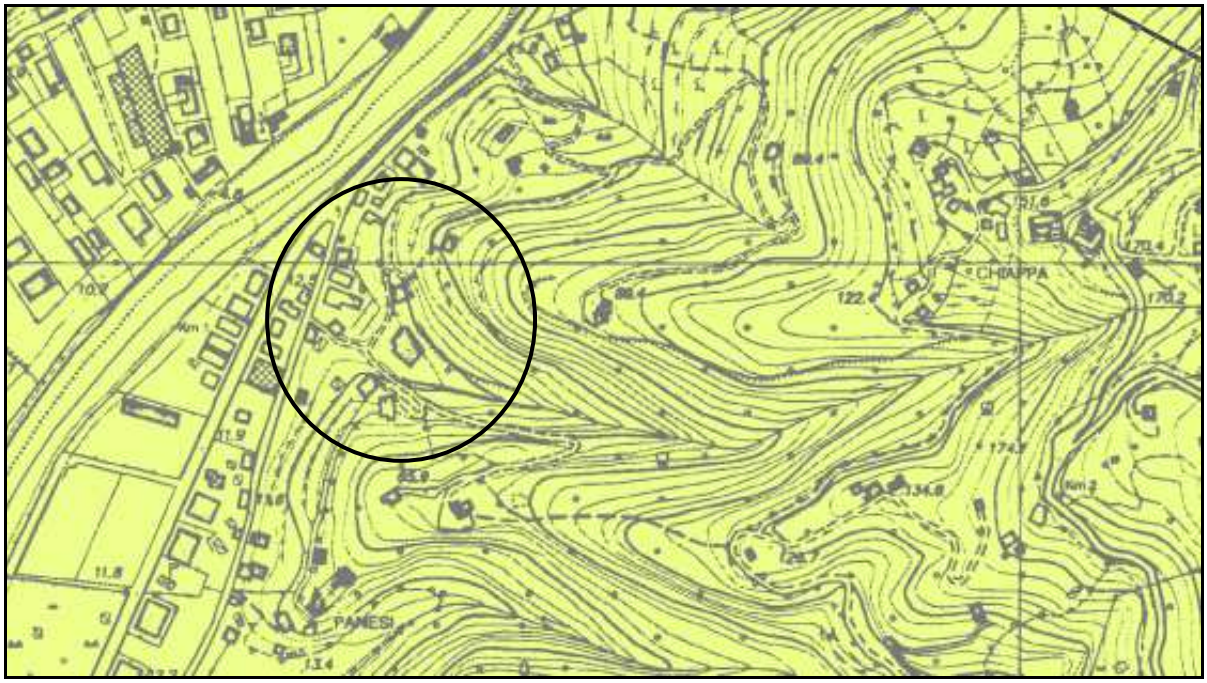
- CARTA DELLE FASCE FLUVIALI: l'area d'intervento è parzialmente compresa tra le fasce di inondabilità cinquantennale, duecentennale e cinquecentennale associate al fiume Entella



LEGENDA

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
CRITICITA' 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	

- CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO: la zona non è sottoposta al Vincolo Idrogeologico



LEGENDA

AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

AREE NON SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

LIMITE DEL PIANO DI BACINO

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO

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

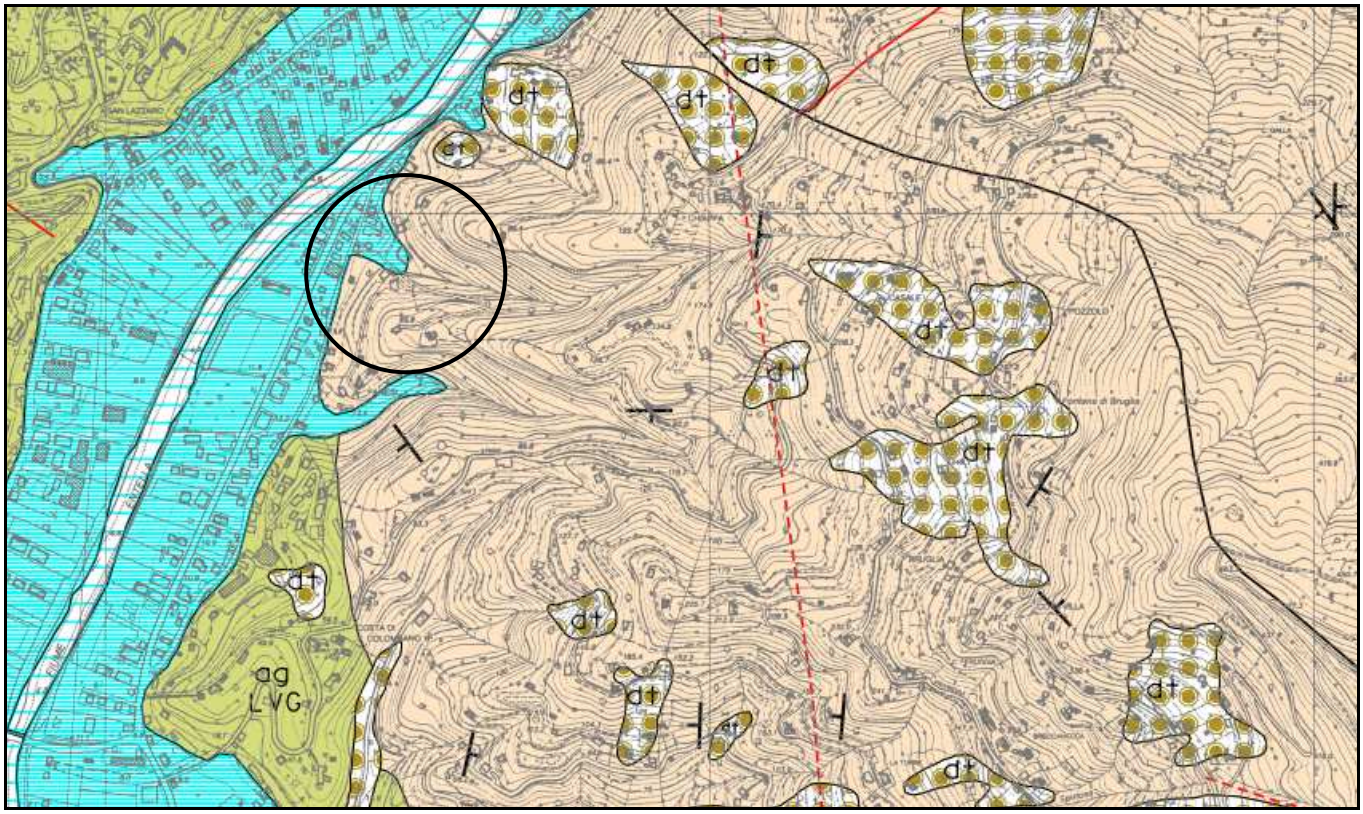
In corrispondenza di tale limite compaiono di volta in volta i vari tipi di ofioliti (a partire dal termine più antico, serpentiniti, gabbri, basalti), i diaspri e i calcari a Calpionelle tipo maiolica.

La soprastante serie cretacea è costituita da diversi livelli di Argilloscisti, Ardesie, Arenarie di M.te Ramaceto si sviluppa dunque dal suddetto limite arealmente verso Ovest e Sud-Ovest 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.

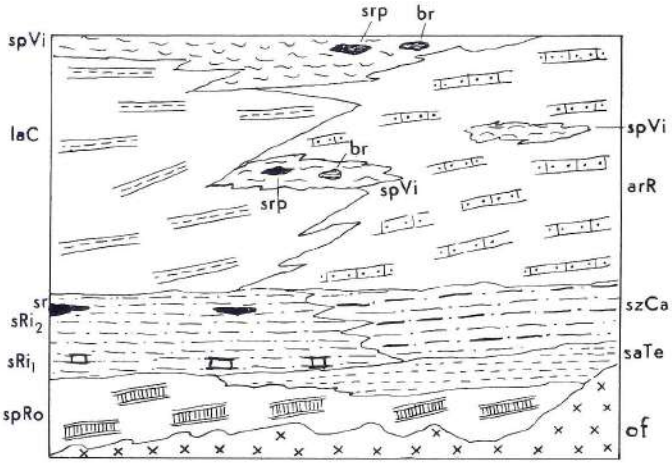
Sul versante di interesse si riscontra la presenza della Formazione delle Ardesie (Tav. 2), interrotta localmente e per un breve areale dalla facies degli Scisti argillosi manganesiferi, lastroidi con intercalazioni di scisti rossi e di arenarie quarzose compatte *(R. Terranova: "La serie cretacea degli 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.)*

Sul versante opposto (territorio comunale di Chiavari), affiora invece la Formazione delle Argille a palombini.



TAV. 2: STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA (PdB – Ambito 16)

Dalla succitata pubblicazione viene di seguito proposto lo schema stratigrafico riassuntivo; in legenda vengono riportate le attuali attribuzioni formazionali.



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)

sRi_2: Scisti argillosi manganesiferi, con intercalazioni di scisti rossi (sr) e di arenarie quarzose (Valle Rigone)

sRi_1: 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

L'ossatura litologica del bacino del rio Remigiano è modellata dunque nella Formazione delle Ardesie, di cui si riportano di seguito i principali lineamenti litologici:

Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi, di colore grigio-nero al taglio e biancastro sulle superfici esposte, a grana molto fine o spesso privi di grana, taglienti alla rottura, dotati di fittissima scistosità per cui divisibili in lastre sottilissime; formano strati di potenza assai variabile, da pochi centimetri a diversi metri, fino ad una decina di metri, nei quali i piani di scistosità sono generalmente obliqui rispetto ai piani di stratificazione, con valori angolari più frequenti intorno a 20°-30°, qualche volta superiori soprattutto in corrispondenza di zone particolarmente tettonizzate.

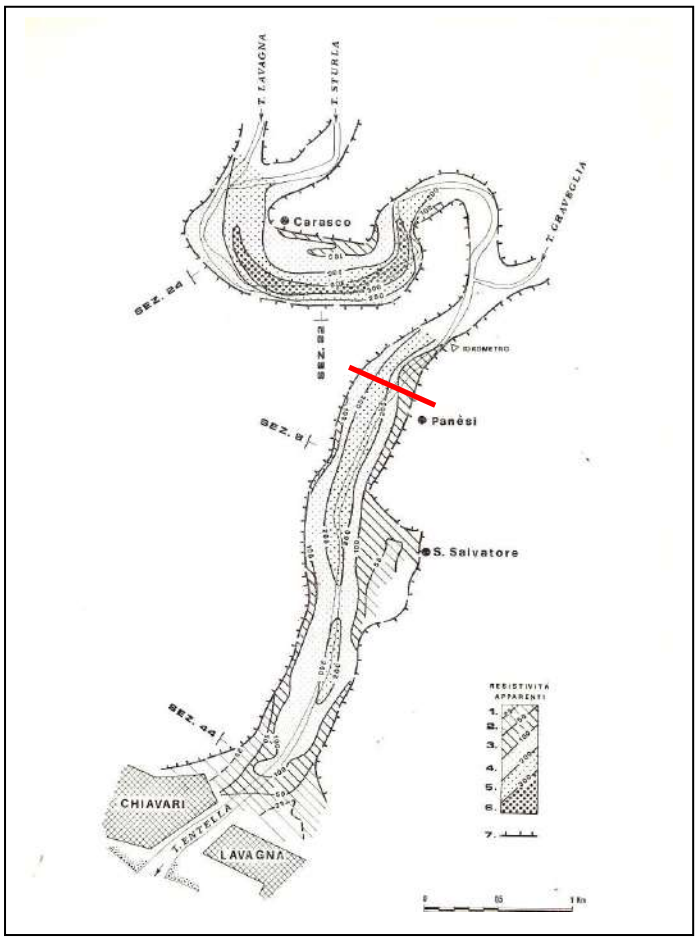
Arenarie, costituite in grande prevalenza da quarzo e mica, con cemento argilloso e argilloso-siliceo, a volte debolmente marnoso; la grana è fine, talora finissima soprattutto nei banchetti più sottili; formano strati di potenza più frequente intorno ad alcuni decimetri, a volte superiore al metro; il colore al taglio fresco è grigio-biancastro, sulle superfici esposte assume invece tonalità grigio-brune fino a raggiungere una colorazione giallo-terrosa.

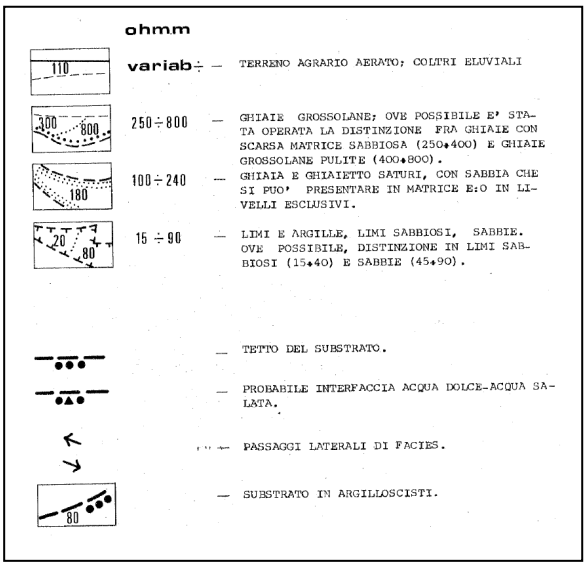
Scisti argillosi ed argilloso-arenacei, di colori grigio-nero e grigio-verde, a facies lamellare e grossolanamente lastroide i primi ed a facies prevalentemente prismatica i secondi (coltellini); la grana di questi ultimi è sempre finissima e spesso si risolve in una dispersione di minute lamelle di mica bianca brillante in una pasta argillosa grigio-verde; formano strati di potenza molto variabile, da pochi centimetri (con il limite inferiore dato da veli millimetrici) a valori che superano il metro; la colorazione sulle superfici esposte non è molto diversa da quella al taglio fresco.

Calcareniti massicce, di colore grigio-biancastro ed interessate spesso da vene di calcite; formano strati di potenza variabile, talora superiore al metro, che si accompagnano talvolta con l'arenaria.

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).*

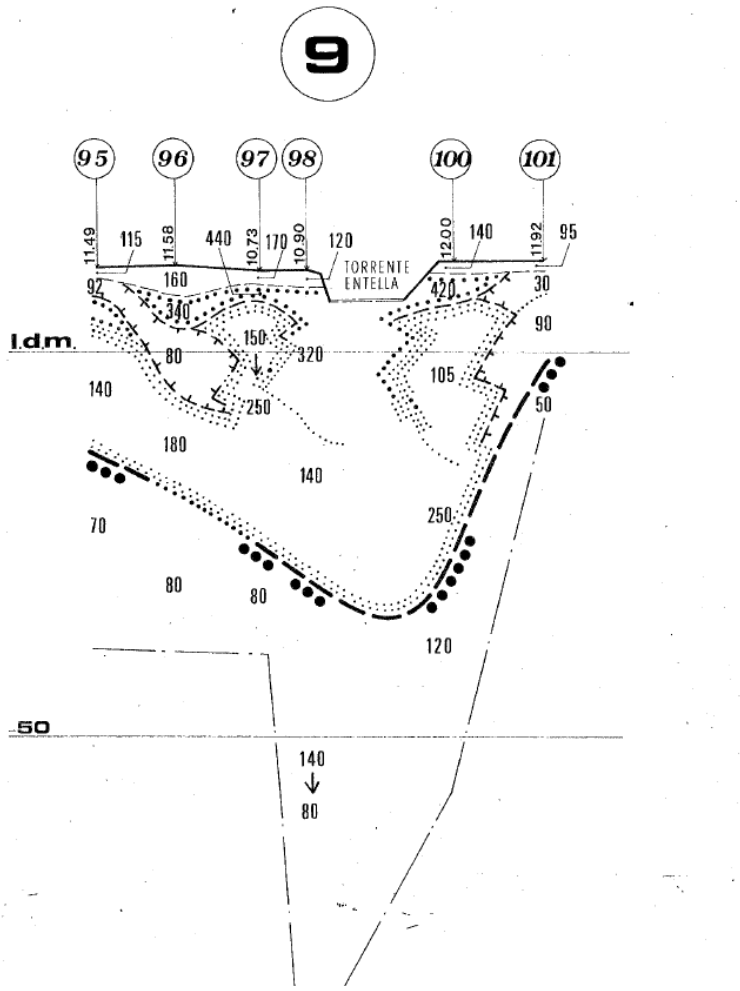
Viene di seguito proposta una rappresentazione grafica delle situazioni geomorfologiche e stratigrafiche ipotizzate lungo la piana, tratta dalla pubblicazione succitata (SEZ. 9 – Loc. Panesi).





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.

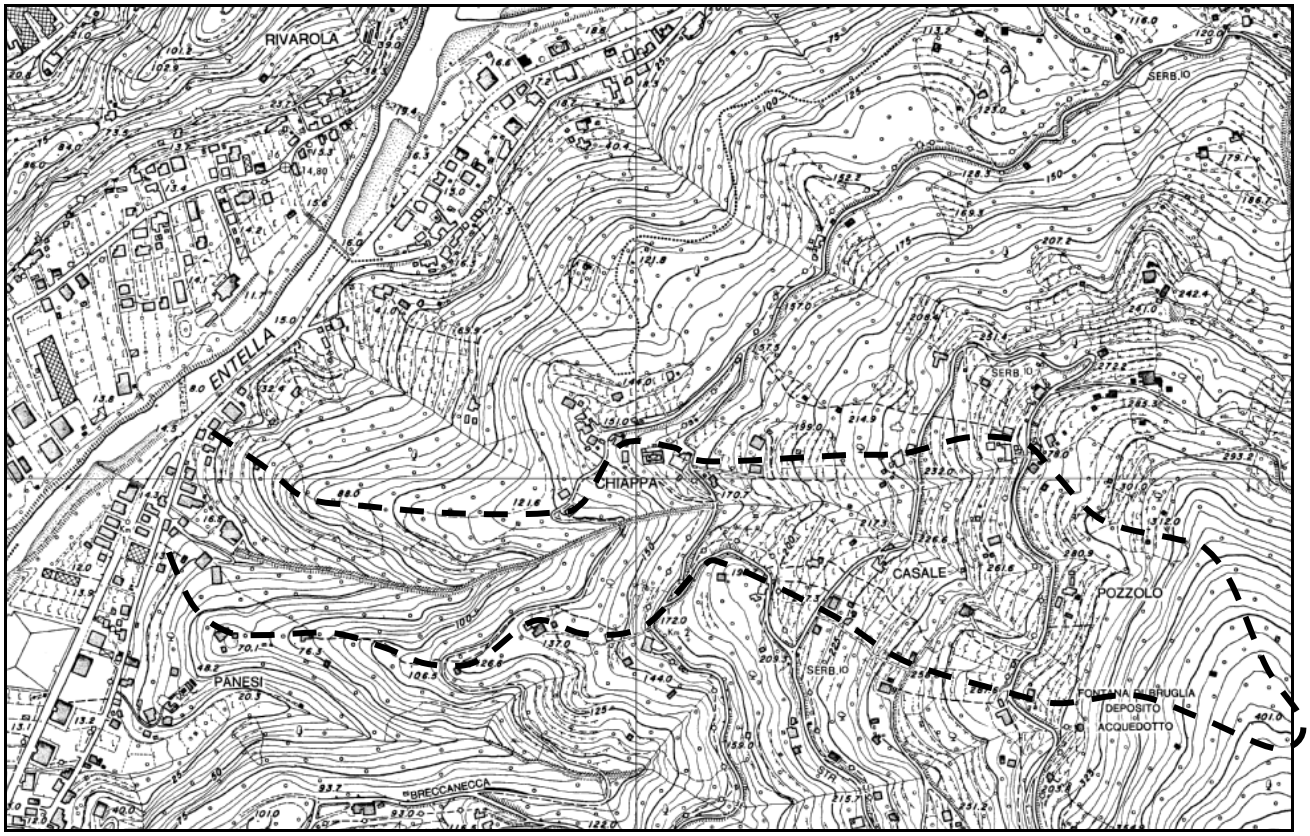
L'estensione del profilo del bedrock verso il pendio retrostante la piana, lascia dunque immaginare un rapido ridimensionamento del materasso di copertura in termini di spessore.



4. VALUTAZIONI IN ORDINE AL POSSIBILE TRASPORTO SOLIDO

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

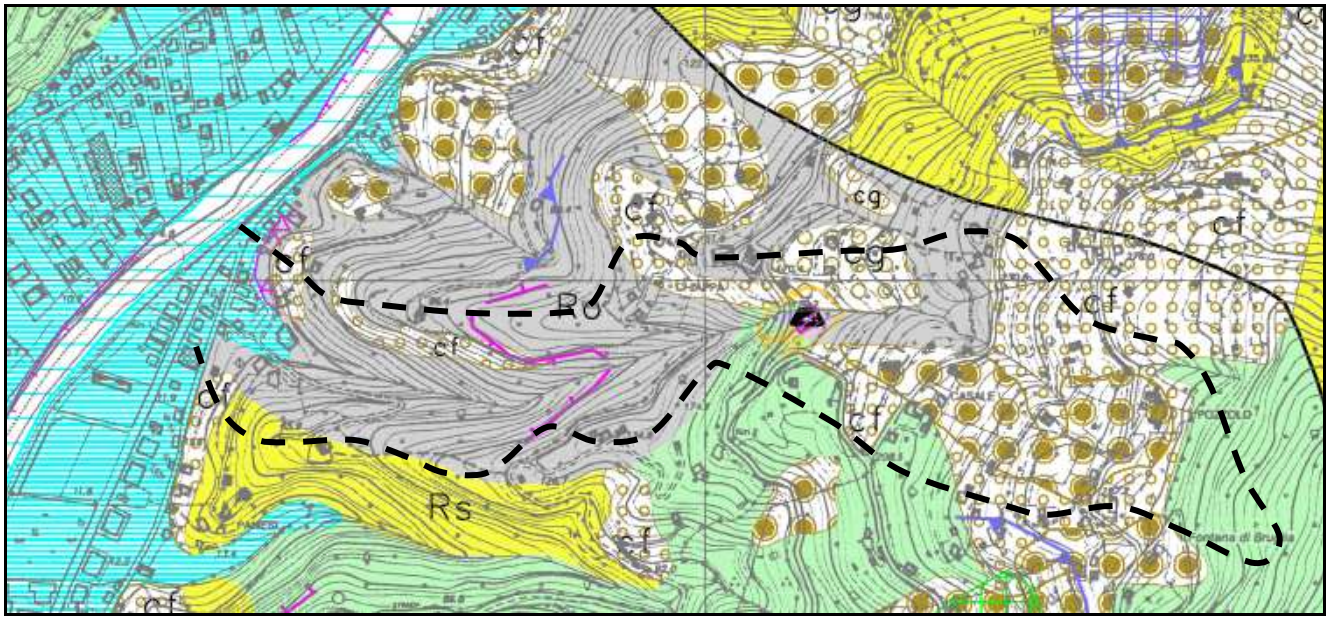
Il bacino del rio Remigiano ha origine sul crinale di Costa San Giacomo ed attraversa un versante caratterizzato da numerosi impluvi secondari variamente orientati cui corrispondono altrettanti fossi più o meno incisi.



Sostanzialmente l'asta torrentizia può essere suddivisa in tre zone:

- Quella a monte interessata da coltri detritiche di potenza fino a plurimetrica
- Quella mediana particolarmente incisa e confinata da versanti acclivi caratterizzati da roccia subaffiorante
- Quella terminale, di lunghezza limitata, che scorre come detto sulla piana alluvionale di fondovalle

Le analisi del Piano di Bacino (cfr. Allegata Carta geomorfologica) sono in accordo con tale conclusione.



La <u>prima zona</u>, come già specificato, attraversa infatti coltri che localmente assumono spessori anche plurimetrici che, in caso di piogge intense potrebbero mobilitarsi dando origine ad un considerevole trasporto solido, soprattutto lungo direttrici di ruscellamento concentrato, anche in relazione ad uno stato manutentivo non sempre ottimale.

La <u>seconda zona</u> è invece caratterizzata da una forte incisione del corso d'acqua che scorre frequentemente su roccia affiorante o subaffiorante e dove la forte acclività dei due opposti versanti orografici potrebbe generare soprattutto instabilità superficiali su coltri ancora terrazzate, ma anche a declivio naturale, coinvolgenti anche il cappellaccio roccioso.

La <u>terza zona</u> costituisce il tratto terminale del rio che scorre sulla piana alluvionale pseudo pianeggiante, vulnerabile a depositi di materiali trasportati dalle acque anche in rapporto alla repentina diminuzione della pendenza del corso d'acqua.

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

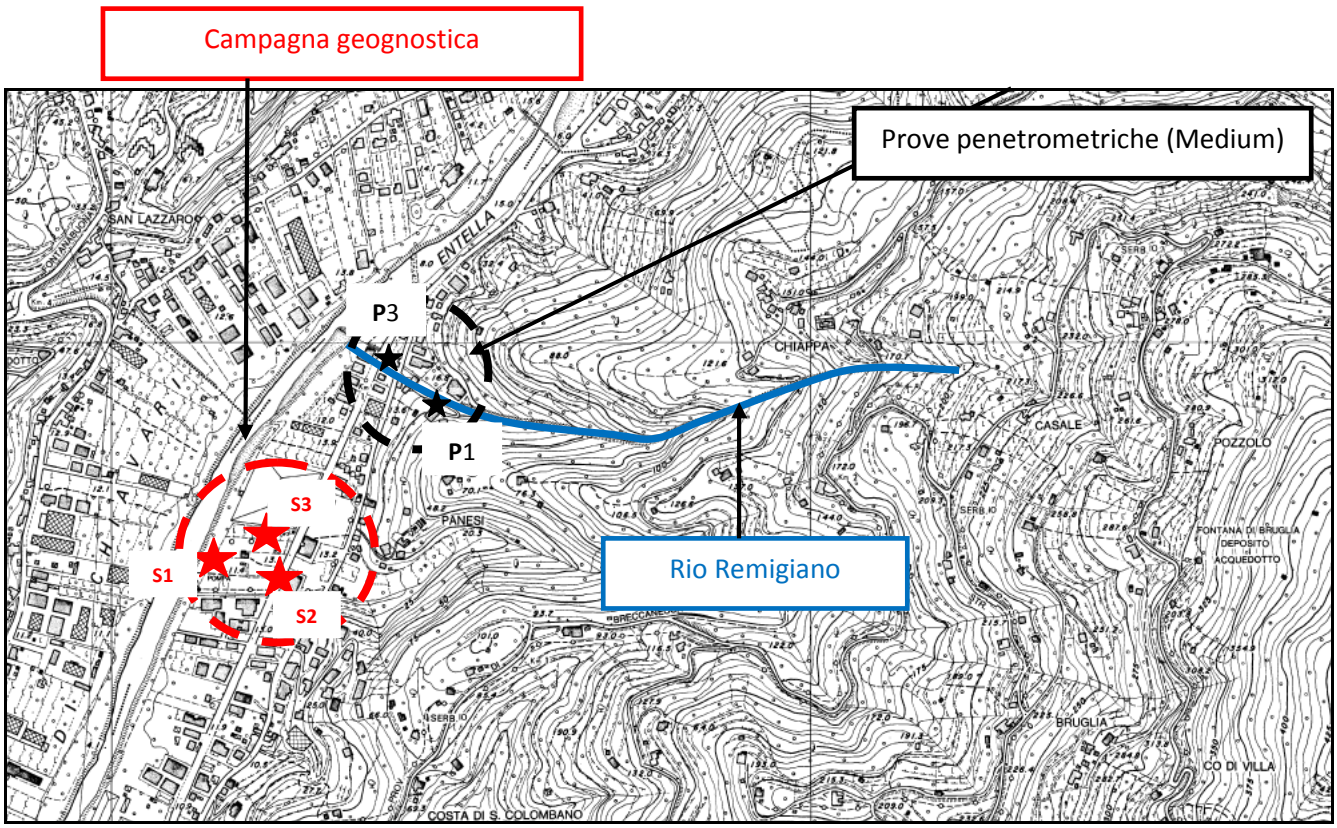
5. SONDAGGI GEOGNOSTICI PREGRESSI

Pur nei limiti dell'attuale fase di progettazione preliminare, pare opportuno fornire già fin d'ora un inquadramento stratigrafico e geotecnico desunto da campagne geognostiche pregresse svolte in aree limitrofe.

Sono state dunque riesaminate le risultanze di indagini eseguite a corredo di altre pratiche edilizie che nel dettaglio consistono in:

- n°3 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo (1998);
- esecuzione di prove classificative di laboratorio (1998);
- esecuzione di nuovo piezometro di controllo (2004);

L'ubicazione delle prospezioni è riportata schematicamente nella planimetria seguente.



In particolare tre sondaggi a carotaggio continuo, denominati S1 (attrezzato con piezometro), S2 ed S3, spinti rispettivamente alle profondità da pc di -36.00m, -7.00m e -32.00m, sono stati eseguiti a supporto del progetto per la realizzazione di fabbricati nel limitrofo Comparto di Panesi.

I sondaggi S1 ed S3 hanno consentito il reperimento del bedrock lapideo alla base delle alluvioni.

Sul sondaggio verso l'Entella (S1) si sono evidenziate alluvioni medie e grossolane esclusive (seppur localmente in matrice limosa e/o argillosa) fino alla profondità di circa 13m; al di sotto di tale quota si sono rilevate alternanze tra strati porosi grossolani ed orizzonti argilloso-limosi (di spessore < 1m) con significativa componente sabbiosa e/o ciottolosa.

Sul sondaggio verso la Provinciale (S2) sono risultati prevalere orizzonti a componente argilloso-limosa con scheletro detritico molto subordinato su tutta la sezione fino alla profondità di 6m ove si è riconosciuto un aumento della frazione grossolana, soprattutto sabbiosa/ghiaiosa.

Sul sondaggio nella porzione Nord dell'area (S3) si è invece riscontrata la presenza di argille alle profondità 2,50-6,00m e 14,00m-23,00m da pc, livelli alternanti materiali granulari (da sabbie grossolane a ghiaietti, fino a ghiaie in prossimità del substrato).

Il sondaggio S1, attrezzato con piezometro ha consentito di rilevare la falda ad una profondità di circa 6,50m da pc.

6. PROVE PENETROMETRICHE

Come già specificato sono state concluse n° 2 prove penetrometriche dinamiche medio-leggere. Tali indagini, denominate P1 e P3, sono state eseguite rispettivamente da monte a valle e l'ubicazione è stata strettamente condizionata dalle urbanizzazioni presenti; in relazione a ciò si specifica che la prova P2 non è stata portata a compimento per la presenza di sottoservizi.

La prova P1 è stata spinta fino ad una profondità di –3.0m da pc e il rifiuto all'infissione è stato interpretato come il reperimento dello strato di alterazione eluviale del bed rock.
La prova P3 ha determinato il rifiuto all'infissione ad una profondità di -5.1m da pc per il reperimento di frazioni medio-grossolane del materasso alluvionale associato alla piana di fondovalle.
Durante il recupero delle aste non si è rilevata la presenza di impregnazioni idriche.

Le indagini sono state eseguite con il penetrometro dinamico Deep Drill DM30 (60°) le cui caratteristiche tecnico-strumentali sono di seguito specificate:

Riferimento Norme	*DIN 4094*
Peso Massa battente	*30 Kg*
Altezza di caduta libera	*0.20m*
Peso sistema di battuta	*13Kg*
Diametro punta conica	*35.70mm*
Area di base punta	*10cm²*
Lunghezza delle aste	*1m*
Peso aste a metro	*2.93Kg/m*
Profondità giunzione prima asta	*0.80m*
Avanzamento punta	*0.10 m*
Numero colpi per punta	*N(10)*
Coefficiente Correlazione	*0.766*
Angolo di apertura punta	*60°*

La correlazione tra i valori N10 e quelli NSPT è espressa dalla seguente relazione:

NSPT = βt N10

βt = Q/QSPT
Q = Energia specifica per colpo
QSPT = Energia riferita alla prova SPT

L'energia specifica per colpo viene calcolata con la relazione:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

M = Peso massa battente
M' = Peso aste
H = Altezza di caduta
A = Area base punta conica
δ = Passo di avanzamento

La valutazione della Resistenza Dinamica alla Punta Rpd è effettuata attraverso la Formula degli Olandesi:

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = Resistenza dinamica punta (area A)
e = Infissione media per colpo (δ / N)
M = Peso massa battente (altezza caduta H)
P = Peso totale aste e sistema battuta.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante l'applicazione di correlazioni note in letteratura in funzione del modello geologico stratigrafico redatto.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante apposito software che consente di determinare il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite correlazioni note in letteratura. Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

PROVA P1

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
Terreno agricolo/vegetale	5,78	2,70	Gibbs & Holtz 1957	60

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
Terreno agricolo/vegetale	5,78	2,70	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m³)
Terreno agricolo/vegetale	5,78	2,70	Meyerhof ed altri	1,80

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Terreno agricolo/vegetale	5,78	2,70	Terzaghi-Peck	1,89

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Terreno agricolo/vegetale	5,78	2,70	Peck-Hanson-	28,6

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Terreno agricolo/vegetale	5,78	2,70	Schmertmann	<50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
Terreno agricolo/vegetale	5,78	2,70	(A.G.I.)	0,34

PROVA P2

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
Terreno agricolo/vegetale Sedimenti fini	1,65	5,10	Gibbs & Holtz 1957	27

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
Terreno agricolo/vegetale Sedimenti fini	1,65	5,10	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m³)
Terreno agricolo/vegetale Sedimenti fini	1,65	5,10	Meyerhof ed altri	1,53

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Terreno agricolo/vegetale Sedimenti fini	1,65	5,10	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Terreno agricolo/vegetale Sedimenti fini	1,65	5,10	Peck-Hanson-	27,5

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Terreno agricolo/vegetale Sedimenti fini	1,65	5,10	Schmertmann	<25

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
Terreno agricolo/vegetale Sedimenti fini	1,65	5,10	(A.G.I.)	0,35

7. ASSETTO STRATIGRAFICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'elaborazione congiunta delle indagini pregresse e delle prove penetrometriche realizzate attualmente hanno consentito la redazione di un modello geologico – stratigrafico univoco, infatti le prove hanno fornito risultati coerenti tra loro.

Sostanzialmente l'orizzonte superficiale (LIVELLO IA) è caratterizzato da terreno agricolo-vegetale, lo spessore è compreso tra 2-5m circa, ma mentre nella parte a monte tale orizzonte è posizionato sullo strato eluviale del substrato (LIVELLO II) che costituisce la transizione al bed rock propriamente detto (LIVELLO III); nella transizione verso valle tale orizzonte aumenta di spessore in quanto si interdigitano ad un orizzonte sedimentario a granulometria fine (sabbia limoso – argillosa passanti a argilla sabbiosa di bassa plasticità), tali strati presentano caratteristiche geotecniche molto simili quindi sono accorpati insieme.

In tale contesto il Livello IA è poggiante su un orizzonte sedimentario a granulometria medio-grossolana (LIVELLO 1B), come è evidenziato anche dai sondaggi pregressi. Tale orizzonte granulare ha comportato il rifiuto all'infissione nella prova P3.

Complessivamente si può quindi affermare che il modello geologico-stratigrafico dell'area di interesse è costituito da un livello di coltri variamente interdigitate ai sedimenti alluvionali propri del rio Remigiano che a loro volta si intercalano verso valle a quelli associati al fiume

Entella. Tale condizione presumibilmente determina a livello stratigrafico un'alternanza di livelli a granulometria più grossolana e di livelli a granulometria più fine, soprattutto marginalmente alla piana dell'Entella in condizioni di stanca fluviale.

La parametrizzazione geotecnica è basata sui risultati delle prove penetrometriche unitamente all'applicazione di correlazioni note in letteratura (Correlations of Soil Properties – M. Carter and S.P. Bentley).

In ottemperanza alle NTC stabilite dal D.M. 17/01/2018 sono stati calcolati i valori medi, caratteristici e di progetto dei parametri geotecnici significativi per ognuno degli orizzonti stratigrafici individuati. Si sottolinea che per i parametri rappresentativi dei **LIVELLO IA** e **1B**, visti gli elevati volumi coinvolti, si ritiene possa essere imposta l'uguaglianza tra i valori medi (fm) ed i valori caratteristici (fk),

γ = peso di volume
γsat = peso di volume saturo
ϕ= angolo di attrito efficace
c' = coesione efficace
cu = coesione apparente
E_{st} = Modulo di Young statico
ν = Modulo di Poisson statico

VALORI MEDI

LIVELLO	γ_m (T/mc)	γsat_m (T/mc)	ϕ_m (°)	c'_m *(Kg/cmq)*	cu_m *(Kg/cmq)*	$E_{st\ m}$ *(Kg/cmq)*	ν_m
I A	1.66	1.88	28.0	0.0	0.0	25-50	0.34
I B	1.95	2.20	35.5	0.0	0.0	175-225	0.31

VALORI DI PROGETTO

	M1				***M2***			
LIVELLOI	γ_d (T/mc)	ϕ_d (°)	c'_d *(Kg/cmq)*	cu_d *(Kg/cmq)*	γ_d (T/mc)	ϕ_d (°)	c'_d *(Kg/cmq)*	cu_d *(Kg/cmq)*
I A	1.66	28.0	0.0	0.0	1.66	23.04	*0.0*	*0.0*
I B	1.95	35.5	0.0	0.0	1.95	29.7	*0.0*	*0.0*

8. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Nel bacino studiato sono state rilevate varie emergenze del substrato che evidenziano uno stato conservativo da scadente a mediocre.

La metodologia d'indagine applicata al presente studio è quella tipica prevista per l'esecuzione di un rilievo geomeccanico nel corso del quale, oltre al riconoscimento delle differenti litologie e dei rapporti tra loro intercorrenti, particolare attenzione è stata rivolta a registrare tutti i parametri (qualitativi e quantitativi) che concorrono a formare il giudizio di qualità dell'ammasso roccioso mediante l'applicazione di due criteri di classificazione disponibili in letteratura (Bieniawski e GSI) e in definitiva formulare una ragionevole ipotesi circa il suo comportamento.

In particolare sono state ottenute le seguenti caratteristiche:

-Orientazione ed inclinazione dei piani di discontinuità
-Morfologia dei giunti a scala metrica
-Coefficiente di rugosità JRC a scala decimetrica
-Spaziatura dei giunti
-Apertura dei giunti
-Stato di alterazione delle pareti dei giunti
-Eventuale presenza e natura del materiale di riempimento delle discontinuità
-Condizioni idrauliche
-Resistenza della roccia adiacente la superficie dei giunti

I dati raccolti sono stati successivamente analizzati ed interpretati ai fini classificativi.

Il sistema di Bieniawski, come noto, consiste nell'attribuzione di valori numerici a parametri qualitatitivi e quantitativi caratteristici, consentendo l'elaborazione dell'indice RMR che è ricavato mediante la seguente relazione: RMRbase= (A1+A2+A3+A4+A5)

A1 = valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta
A2 = valore numerico derivato dall'indice RQD
A3 = valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità
A4 = valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità
A5 = valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche

In seguito sono stati calcolati i valori dei parametri geomeccanici rappresentativi in termini di valori medi mediante l'applicazione delle seguenti relazioni:

Coesione (kPa) = 5*RMRb (Bieniawski)

Angolo d'attrito (°) = 0.5 * RMRb + 5 (Bieniawski)

Est – modulo di deformazione (GPa) = 10 (RMR -10)/40 (Serafim e Pereira)

(Valida per valori di RMRb minori o prossimi a 50)

In relazione alla determinazione dei parametri necessari si specifica quanto segue:

- per il parametro relativo alla resistenza della roccia sono stati utilizzati i valori medi dell'indice di rimbalzo R ottenuti dalle prove sclerometriche eseguite sugli affioramenti, correlati alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$Su = 0.775R + 21.3$$

- in assenza di carote di sondaggio, il valore di RQD è stato calcolato attraverso la relazione di Palmstrom, che permette di ricavare tale valore dal numero di famiglie di discontinuità e dalla loro spaziatura: $RQD = 115 – 3.3\ jv$

  Jv (n° di fratture per m^3 di roccia) = 1/S1 + 1/S2 + 1/S3 + Nr/5

Si = spaziatura della famiglia "i"
Nr = numero di famiglie random eventualmente presenti

- i set delle discontinuità sono stati caratterizzati mediante un'analisi morfologica e qualitativa delle superfici di giunto.

CATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO:

RMRb (Bieniawski 1989)

	MIN	MAX	Indice MIN	Indice MAX
A1 Resistenza roccia integra (MPa)	5-25	25-50	2	4
A2 RQD (%)	<25	50-75	3	13
A3 Spaziatura discontinuità (m)	<0.06	0.06-0.20	5	8
A4 Condizioni dei giunti	-	-	0	10
A5 Condizioni idrauliche	asciutto	asciutto	15	15
RMR_b			25 CLASSE IV SCADENTE	50 Classe III mediocre
GSI			20	45
Coesione (kPa)			125	250
ϕ (°)			17.5	30.0
E_{st} (GPa)			2	10

γ = peso di volume
ϕ= angolo di attrito dell'ammasso roccioso
$C_=$ coesione dell'ammasso roccioso
$E_{st=}$ Modulo di Young statico dell'ammasso roccioso

LIVELLO II – ALTERAZIONE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

VALORI MEDI:

γ_m (kN/mc)	ϕ'_m (°)	c_m *(kPa)*	E_{stm} *(GPa)*
25	17.5	125	2

Richiamate le NTC stabilite dal D.M. 17/01/2018, per i parametri rappresentativi dell'ammasso roccioso si ritiene possa essere imposta l'uguaglianza tra i valori medi (fm) ed i valori caratteristici (fk).

PARAMETRI DI PROGETTO	M1	M2
γ_d (kN/mc)	25	25
ϕ_d (°)	17.5	14.1
C_d *(kPa)*	125	100

LIVELLO III – SUBSTRATO ROCCIOSO

VALORI MEDI:

γ_m (kN/mc)	ϕ'_m (°)	c_m *(kPa)*	E_{stm} *(GPa)*
26	30.0	250	10

Richiamate le NTC stabilite dal D.M. 17/01/2018, per i parametri rappresentativi dell'ammasso roccioso si ritiene possa essere imposta l'uguaglianza tra i valori medi (fm) ed i valori caratteristici (fk).

PARAMETRI DI PROGETTO	M1	M2
γ_d (kN/mc)	26	26
ϕ_d (°)	30.0	24.8
C_d *(kPa)*	250	200

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Relativamente all'inquadramento sismico del sito, con la D.G.R. n. 216 del 17 Marzo 2017, pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Liguria (B.U.R.L.) il territorio comunale di Cogorno ricade in zona sismica 3 con pga = 0,15g.

Sulla base della Normativa vigente considerando l'esito dei rilevamenti eseguiti, l'areale di interesse, prendendo come riferimento il piano campagna, è cautelativamente riferibile alla categoria di suolo di fondazione E: terreni dei sottosuoli C o D per spessore non superiore a 20m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 880 m/sec).

La categoria topografica è T1.

Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

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.

Fondazioni

Parametri sismici					
		SLE		SLU	
		SLO	SLD	SLV	SLC
Cat.suolo		**E**			
Cat. Top.		**T1**			
Classe uso		II			
V_N	anni	50			
C_u		1			
V_R	anni	50			
P_{VR}	%	81	63	10	5
T_R	anni	30	50	475	975
a_g	g	0.034	0.042	0.106	0.140
F_o		2.505	2.526	2.437	2.394
T_c	s	0.206	0.230	0.285	0.291
S_s		1.600	1.600	1.600	1.600
C_c		2.160	2.070	1.900	1.890
S_t		1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max}	m/s^2	0.529	0.655	1.660	2.189
β		0.200	0.200	0.240	0.240
kh		0.011	0.013	0.041	0.054
kv	±	0.005	0.007	0.020	0.027

Muri di sostegno (NTC-2018)

Parametri sismici					
		SLE		SLU	
		SLO	SLD	SLV	SLC
Cat.suolo		**E**			
Cat. Top.		**T1**			
Classe uso		II			
V_N	anni	50			
C_u		1			
V_R	anni	50			
P_{VR}	%	81	63	10	5
T_R	anni	30	50	475	975
a_g	g	0.034	0.042	0.106	0.140
F_o		2.505	2.526	2.437	2.394
T_c	s	0.206	0.230	0.285	0.291
S_s		1.600	1.600	1.600	1.600
C_c		2.160	2.070	1.900	1.890
S_t		1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max}	m/s^2	0.529	0.655	1.660	2.189
β		0.000	0.470	0.380	0.000
kh		0.000	0.031	0.064	0.000
kv	±	0.000	0.016	0.032	0.000

Per quanto riguarda la criticità alla liquefazione bisogna specificare come, in accordo con il D.M. 17/01/2018, tale verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti quattro circostanze:

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

In relazione alla tipologia dell'opera a progetto ed alle caratteristiche granulometriche medio – grossolane dei sedimenti alluvionali nonché al loro grado di addensamento, che ha comportato il rifiuto all'infissione delle indagini eseguite, si ritiene di omettere la verifica numerica alla liquefazione.

10. ANALISI DELL'INTERVENTO E CONCLUSIONI

Il complesso di indagini geognostiche effettuate e di dati ottenuti ad integrazione degli studi preliminari precedenti hanno consentito di ricavare il modello geologico del tracciato del rio interessato dai lavori che è stato utilizzato per la progettazione delle opere previste.

Richiamate le tavole progettuali ed in particolare la planimetria, il profilo e le sezioni (cui si rimanda per il dettaglio delle soluzioni attuate), si evince come la scala di invasività dei lavori sul territorio risulterà contenuta, con interventi che presupporranno scavi di profondità non superiore a 3-4m e la previsione di soluzioni speciali (pali e tiranti passivi) laddove siano presenti strutture sensibili adiacenti o prossime.

In particolare si sono previsti provvedimenti precauzionali sul piazzale Demo Spa, ove lo scavo interverrà in aderenza ad un muro di sottoscarpa che sostiene la scarpata stradale soprastante, nonché in avvicinamento all'Emporio Mobilia, in fregio all'edificio di civile abitazione a valle di via Ghio e presso l'attraversamento della SP 33.

Occorrerà comunque procedere sempre con attenzione in relazione alle maestranze operanti in scavi in trincea, soprattutto se limitrofi a sovraccarichi (strade, edifici, ecc.).

Ferme restando le valutazioni geotecniche preliminari ulteriori affinamenti geognostici dovranno poi essere assicurati in corso d'opera mediante una assistenza geologica a compendio delle azioni della Direzione Lavori ed al fine di risolvere eventuali problematiche geologico-geotecniche che dovessero sorgere durante il cantiere.
Per quanto attiene infine il trattamento dei materiali eccedenti provenienti dagli scavi, si rimanda alla normativa di Legge vigente.

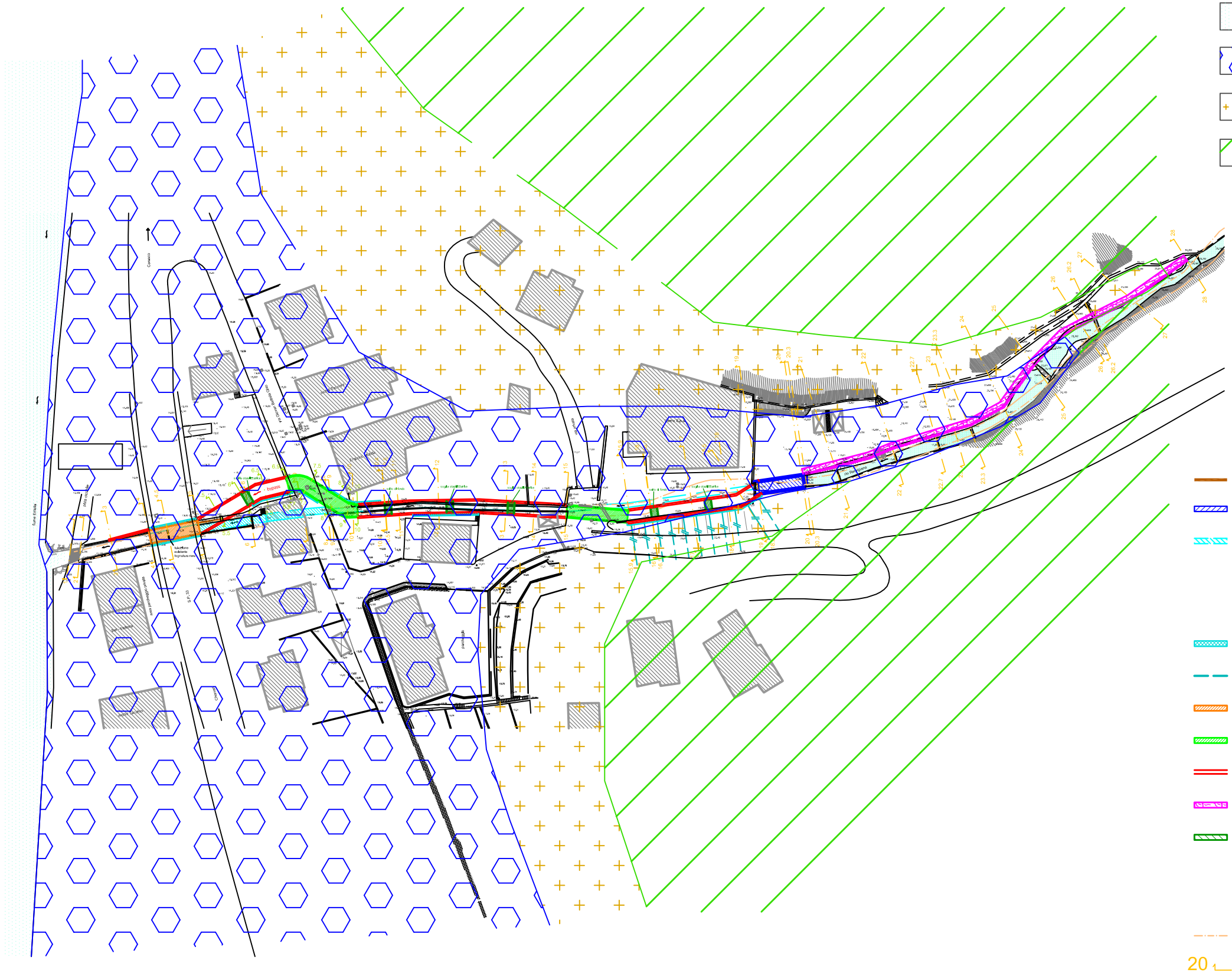
Come già specificato nell'elaborato preliminare, si ribadisce peraltro che l'area è costituita da rimaneggiamenti superficiali e sottostanti depositi alluvionali entro i quali le prospezioni effettuate in passato non hanno denunciato significative frazioni di rocce verdi (serpentiniti, serpentinoscisti, eclogiti, anfiboliti, gabbri, metagabbri, basalti, metabasalti e terreni da esse derivati) e dunque di litologie che potrebbero determinare contaminazione.

Sestri Levante, Ottobre 2018

Dott. geol. Giovanni Rizzi

dott. geol. Barbara Musante

TAV. 3: PLANIMETRIA TECNICA 1:1.000



LEGENDA PLANIMETRIA TECNICA

- alveo attivo fiume Entella
- piana alluvionale dell'Entella e interdigitazioni della conoide deposizionale del rio Remigiano
- frangia colluviale pedemontana con coperture mediamente 3-5m
- versante con roccia subaffiorante e coperture eluvio-colluviali di spessore mediamente < 3m

LEGENDA DA PROGETTO

OPERE REALIZZATE IN SOMMA URGENZA

- ripristino muro d'argine in sostituzione dell'arginatura crollata
- vasca di sedimentazione con pettine a monte tombinatura esistente
- tratto tombinato rio Remigiano interessato da rimozione materiale detritico alluvionale e sottomurazione a tratti per consolidamento arginature esistenti

OPERE A PROGETTO

- paratia di micropali con cordolo testa pali
- tiranti attivi in trefoli con travatura di contrasto paratia micropali
- ponticello per attraversamento S.P. n°33 oggetto di demolizione e adeguamento idraulico
- allargamento tratto tombinato con realizzazione ponticelli carrabili
- tratto ad oggi tombinato e reso a cielo aperto con fondo naturale
- nuova scogliera arginale in massi naturali di cava
- nuovo salto di fondo in alveo / soglia stabilizzatrice in cls

- confine demaniale
- 20 sezioni idrauliche attuale tracciato rio Remigiano
- 10 sezioni idrauliche stato di progetto - tratto bypass rio Remigiano
- tracciato indicativo tratto tombinato attuale rio Remigiano

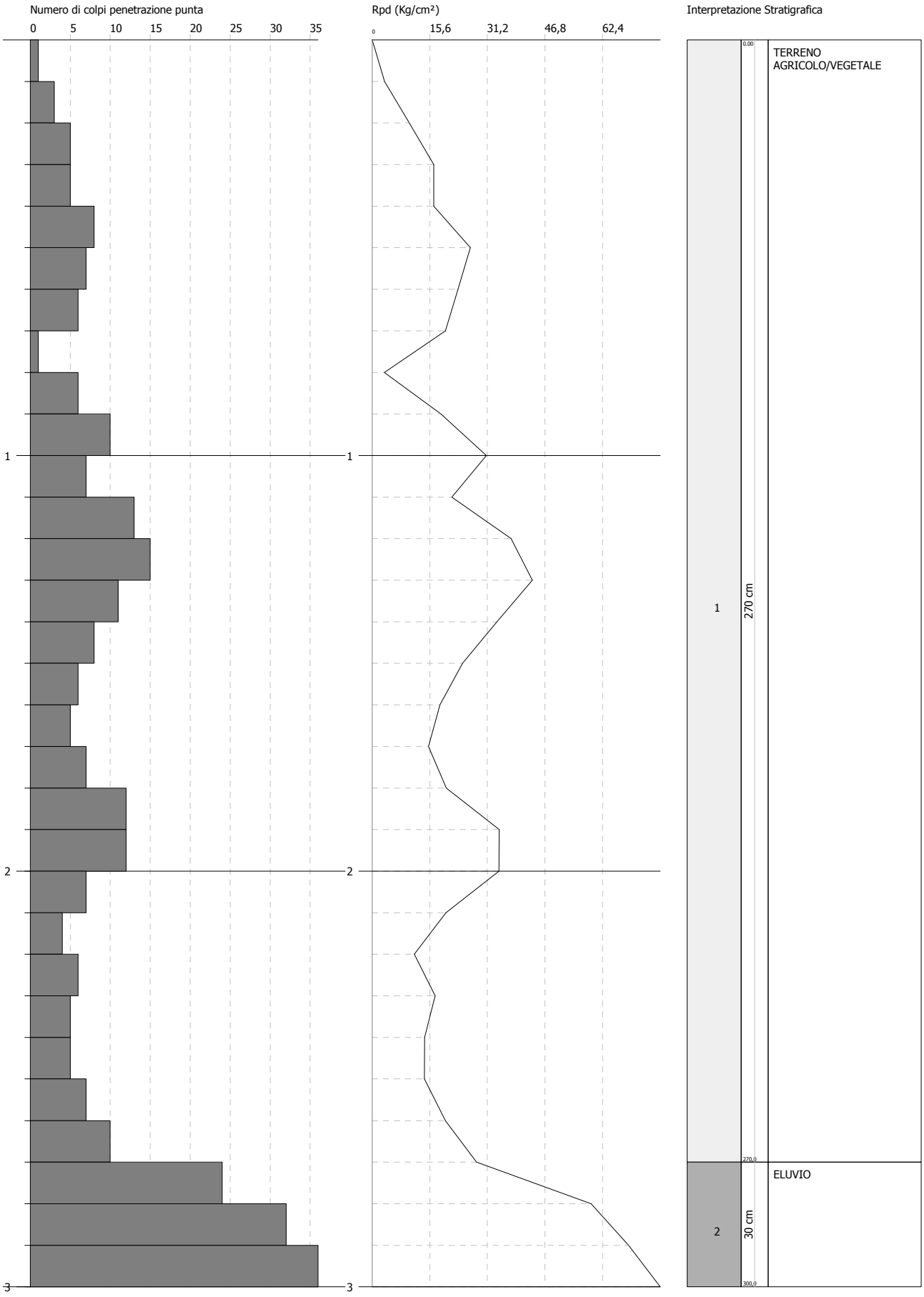
TAV.4: DIAGRAMMI PENETROMETRICI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DM30 (60°)

Committente: COMUNE DI COGORNO
Cantiere: ADEGUAMENTO IDRAULICO RIO REMIGIANO
Località: COGORNO

Data: 21/02/2018

Scala 1:13

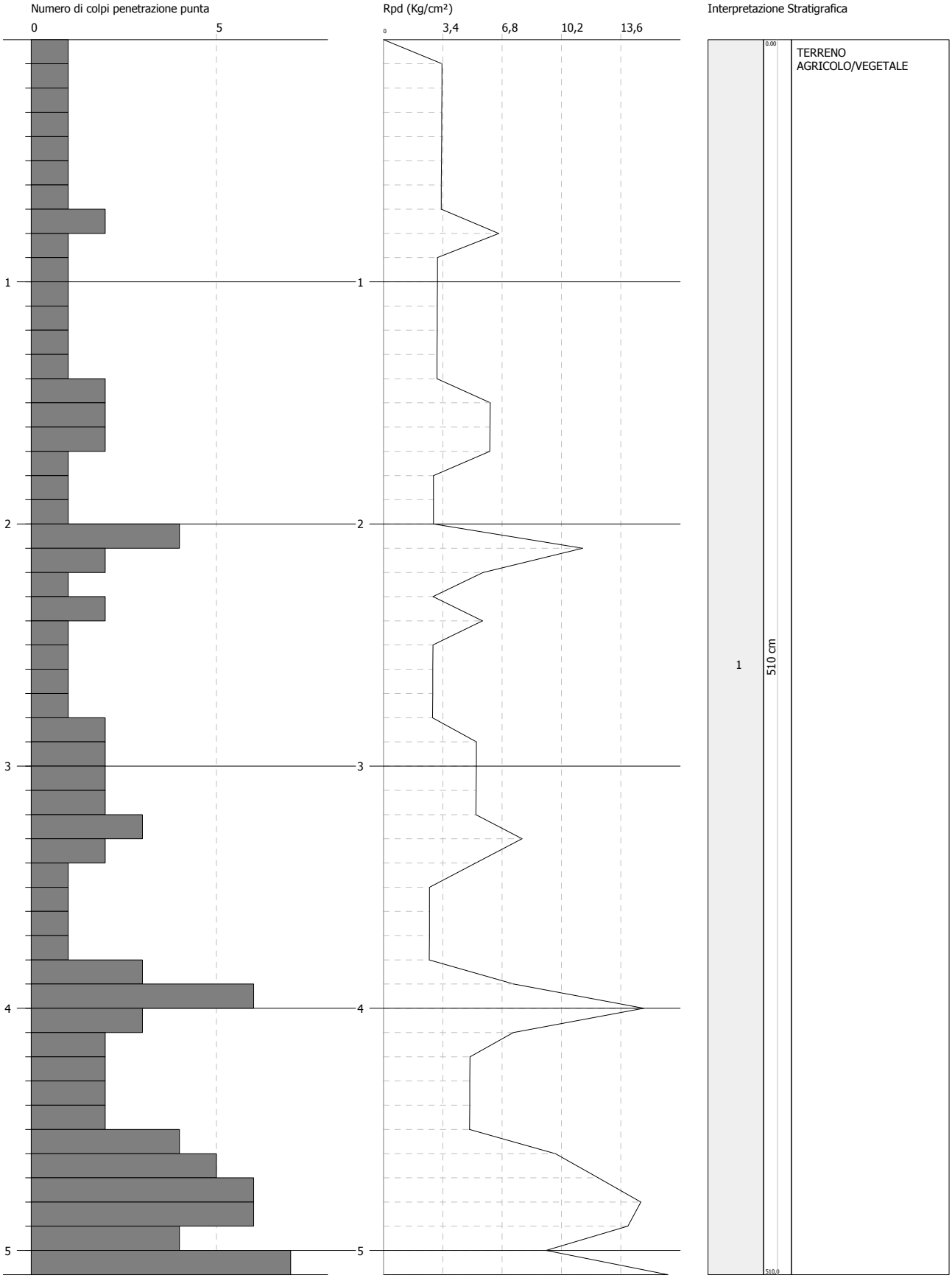


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3
Strumento utilizzato... DM30 (60°)

Committente: COMUNE DI COGORNO
Cantiere: ADEGUAMENTO IDRAULICO RIO REMIGIANO
Località: COGORNO

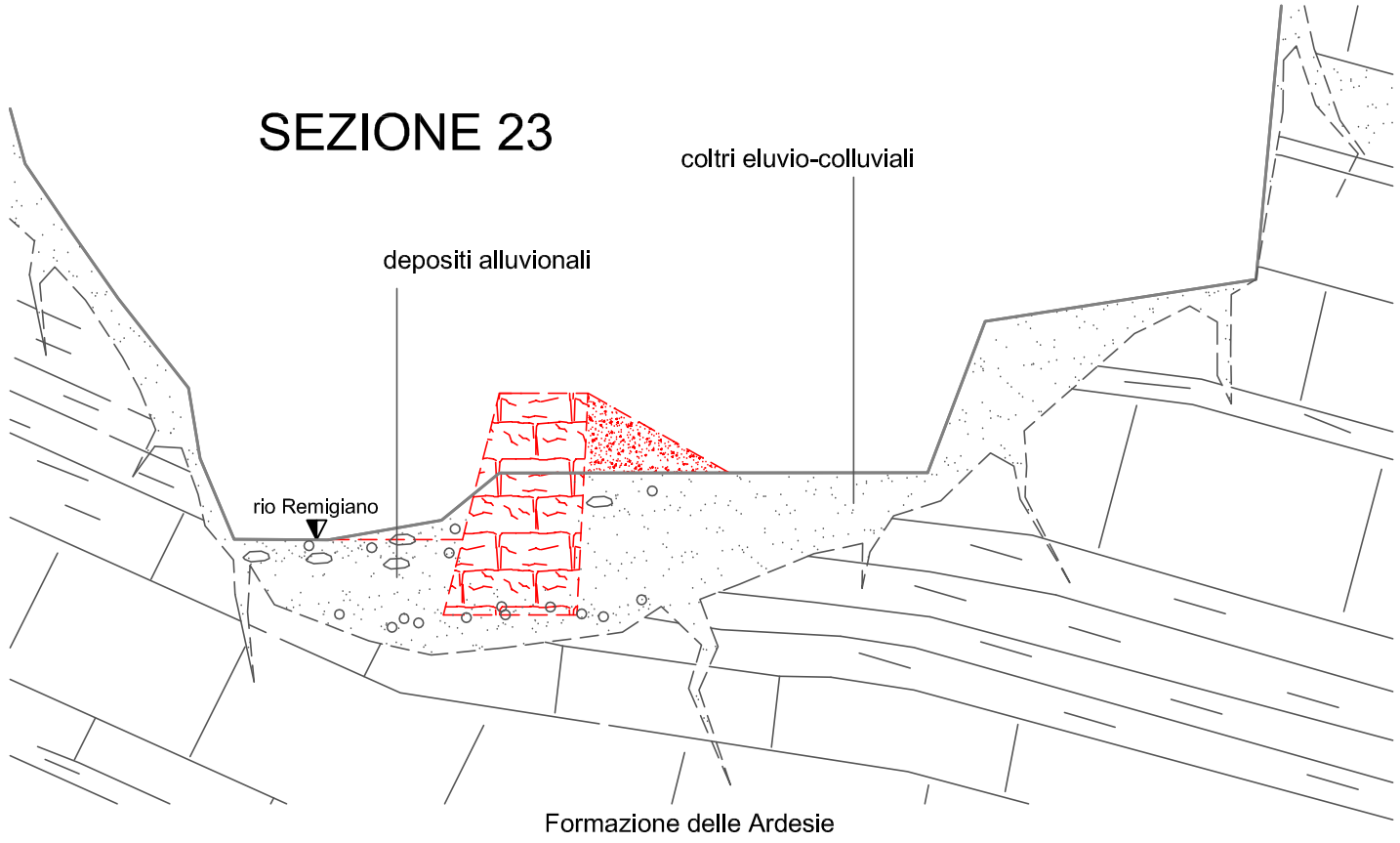
Data: 21/02/2018

Scala 1:23

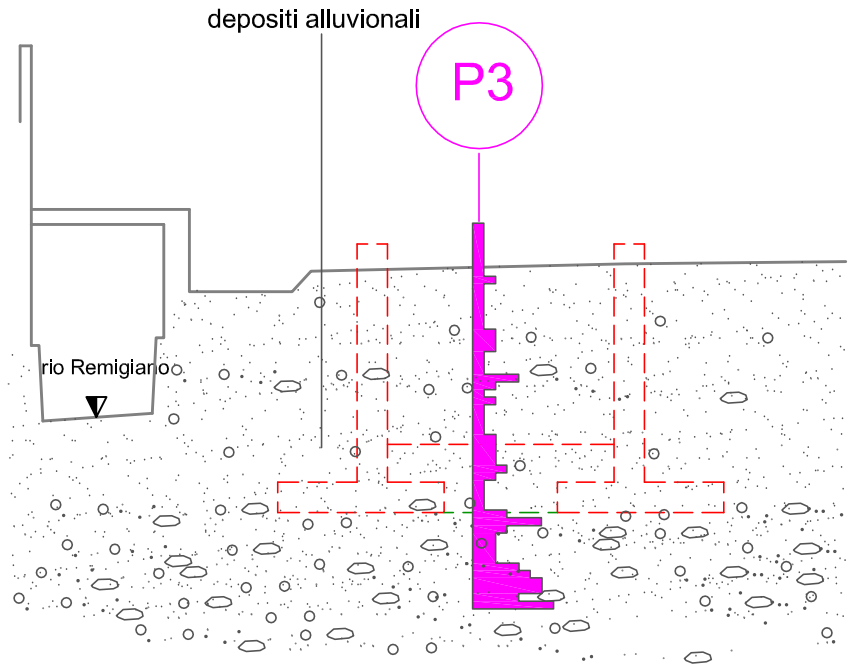


TAV. 5: SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE 1:100

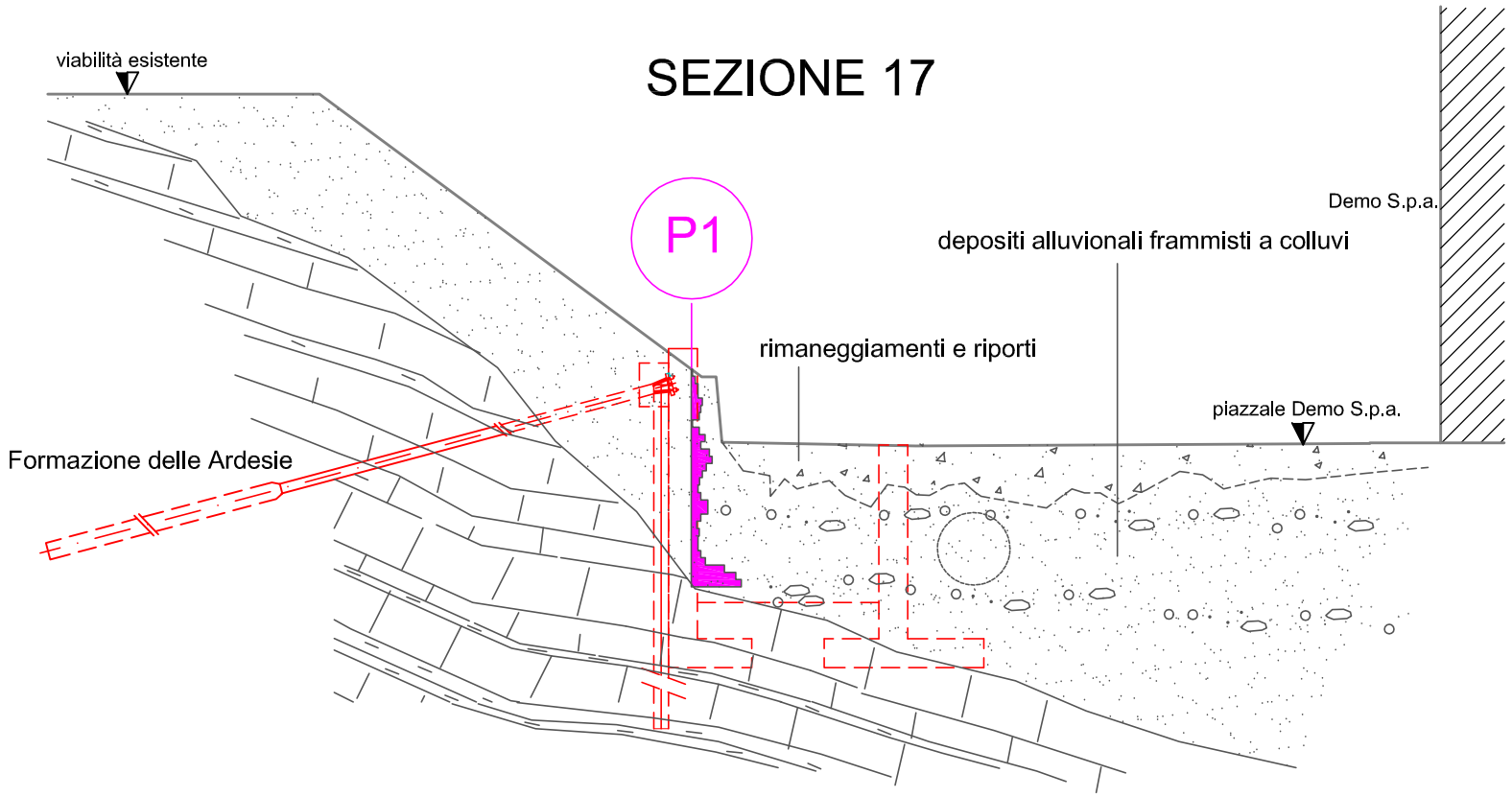
SEZIONE 23



SEZIONE 6



SEZIONE 17



TAV.6: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



AFFIORAMENTI ROCCIOSI VERSANTE A MONTE DELL'AREA D'INTERVENTO



POSTAZIONE PROVA PENETROMETRICA P1



POSTAZIONE PROVA PENETROMETRICA P2



POSTAZIONE PROVA PENETROMETRICA P3