Firmato digitalmente da:
OLIVARI FRANCESCO
Firmato il 23/04/2024 19:58
Seriale Certificato: 1718894
Valido dal 06/09/2022 al 06/09/2025
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

COMUNE DI SESTRI LEVANTE
CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

francesco olivari geologo

Spett.le
Amministrazione Comunale di
Sestri Levante
Piazza Matteotti, 3
16039 Sestri Levante

Interventi idraulici di contenimento della piena lungo il corso del Torrente Gromolo, nel comune di Sestri Levante

RELAZIONE GEOLOGICA
Decreto Ministero Infrastrutture 14.01.2008
Circolare 02.02.2009 n.617

dott. geol.
francesco olivari
via cavour 15/7b
16038 s.margherita ligure
(GENOVA)

francesco.olivari@pec.epap.it
geofranz@libero.it
cell. 349 7518188

p.iva 01447370998
c.f. LVR FNC 65R14 B490O

iscritto all'ordine regionale
dei geologi della liguria n°494

Santa Margherita Ligure, 19 febbraio 2024

francesco olivari geologo
e-mail: geofranz@libero.it

via cavour 15/7b
16038 santa margherita ligure (GE)

SOMMARIO

	Pag.
PREMESSA	3
1. RIFERIMENTI NORMATIVI	4
2. MODELLO GEOLOGICO	4
3. PROVE SPERIMENTALI IN SITO	5
4. STRATIGRAFIA E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI MEDI	6
5. INQUADRAMENTO SISMICO	7
6. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI NORMATIVE	9
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	10

ALLEGATO 1

Figura n°	*Descrizione*
1	Corografia
2	Carta geomorfologica
3	Estratti cartografici del Piano di Bacino
4	Planimetria dell'area
5	Sezioni stratigrafiche interpretative
6	Tabelle di definizione dei parametri sismici

ALLEGATO 2 PROSPEZIONE GEOFISICA
relazione strumentale e tempi di arrivo
grafici illustrativi della prospezione

francesco olivari geologo
e-mail: geofranz@libero.it
via cavour 15/7b
16038 santa margherita ligure (GE)

PREMESSA

La presente Relazione geologica progettuale illustra le indagini geologiche svolte sul terreno interessato dal progetto di realizzazione di un tratto di scogliera, per ridurre la criticità idraulica, in sponda sinistra delTorrente Gromolo, nel comune di Sestri Levante.

I terreni oggetto d'intervento sono distinti a catasto con i mappali nn. 1286, 1320 e 1321 del Foglio n. 24.

Nel dettaglio il progetto prevede la costruzione di una scogliera arginale in blocchi di cava di III e IV categoria, avente una lunghezza di circa 175 m e altezza fuori alveo di circa 4.5 m, oltre a 1.5 m interrati; lo spessore dell'opera in testa è pari a circa 1.6 m con un'inclinazione nella porzione anteriore del 40% e del 20% in quella posteriore.

In una parte retrostante della scogliera, per una lunghezza di circa 127 m, è prevista la realizzazione di un rilevato in terra, di altezza pari a circa 2.0 m, con spessore sommitale pari a 1 m e inclinazione anteriore del 66.6 %, avente funzione statica ed estetica. Nella restante porzione, di lunghezza pari a 46 m circa, sarà invece realizzata una struttura in c.a. stante la presenza di piazzali e rampe asfaltate. A differenza della sponda destra, dove è presente una muratura in cls, la sponda sinistra è costituita da una scarpata naturale dove, anche per tempi di ritorno ridotti, si possono verificare fuoriscite di portata dall'alveo del torrente.

L'intervento è individuabile sulla C.T.R. in scala 1:5000 elemento n. 232092 *Sestri Levante* il cui stralcio è riportato nell'allegata corografia (FIGURA 1) ed è stato utilizzato come supporto per la redazione della cartografia tematica (FIGURA 2).

In considerazione dell'incidenza delle opere a progetto sul terreno e delle condizioni al contorno, le indagini sono state articolate come segue:

- sopralluogo preliminare, necessario per prendere visione dello stato dei luoghi e raccogliere tutta la documentazione occorrente;
- ricerca bibliografica e cartografica, sia di pubblicazioni sia di relazioni tecniche inerenti incarichi professionali in settori limitrofi a quello in esame;
- esame di dettaglio del terreno al fine di accertarne le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche;
- esame del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (Ambito 17-Torrente Gromolo) e del P.U.C. del comune di Sestri Levante;
- esecuzione di una prospezione sismica a rifrazione ed interpretazione delle risultanze in chiave sismostratigrafica;
- rielaborazione di quanto emerso e redazione della relazione tecnica illustrativa.

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle normative vigenti ed in particolare dal Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17.01.2018 “Norme tecniche per le costruzioni” e della relativa Circolare Applicativa n.7 del 21.01.2019.

Per quanto attiene al Piano di Bacino Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (Ambito 17-Torrente Gromolo), redatto ai sensi del D.L. 180/98 (“Decreto Sarno”), si può descrivere quanto segue (FIGURE 3a-3b-3c):

- nella carta del reticolo idrografico è individuato il T. Gromolo;
- per l’area d’intervento la carta della franosità reale non segnala alcun fenomeno gravitativo né in atto né potenziale;
- nella carta della pericolosità geomorfologica il tratto oggetto d’intervento è ricompreso in un’area Pg0 (suscettività molto bassa);
- la carta del rischio geologico indica che il terreno oggetto d’intervento è classificato come R0 (rischio lieve o trascurabile);
- la carta del rischio idraulico classifica il terreno in oggetto come R4 (rischio molto elevato).

Per quanto riguarda al progetto definitivo di P.U.C. di Sestri Levante (Barboro, 2003), si osserva che per il sito d’intervento:

- la carta di zonizzazione e suscettività d’uso del territorio (tav. 6c) classifica il sito in classe I, ovvero “*aree non critiche”;*

Per quanto attiene alla verifica di conformità dell’intervento in progetto rispetto alle fasce di inondabilità del Piano di Bacino Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (Ambito 17-Torrente Gromolo) si rimanda alla specifica Relazione idraulica.

2. MODELLO GEOLOGICO

Il sito oggetto d’intervento è ubicato in sponda sinistra del T. Gromolo, nel tratto compreso fra il ponte di via Bruno Primi e la passerella pedonale di via Severino Salvi, in prossimità dell’area su cui insiste il campo sportivo “Andersen”, a circa 8 m s.l.m. (FIGURA 1).

Il settore è ubicato all’interno del centro urbano mentre in passato era sede di attività agricole con la presenza di ville e giardini; la morfologia, prevalentemente pianeggiante, risulta attualmente condizionata dalle strade carrabili, dagli edifici in elevazione e dalla presenza degli impianti sportivi.

Il T. Gromolo nasce alle pendici del M. Roccagrande, nel comune di Casarza Ligure, con orientamento E-W, per un lungo tratto incassato in roccia; in prossimità

della strada per Loto-Montedomenico il corso d'acqua passa a scorrere nella piana alluvionale, dapprima con direzione NNE-SSW e successivamente con direzione E-W per sfociare a nord della Baia delle Favole. L'alveo del torrente, fino a circa 80 m dalla passerella pedonale sopracitata, risulta naturale, mentre successivamente il fondo è plateato in cls.

Sulla base della cartografia ufficiale (Regione Liguria, 2004) si è constatato che il basamento roccioso, non visibile nel settore in oggetto, è rappresentato dalla *Formazione degli Scisti Zonati* appartenenti al *Gruppo del Lavagna*.

Questa litofacies è caratterizzata prevalentemente da argilliti scistose, più o meno siltose, per lo più grigio scure o nerastre, a volte varicolori, alternate ad arenarie e calcareniti fini con ossido di ferro e di manganese diffusi. In particolare, nel bacino del T. Gromolo questa Formazione affiora con la caratteristica facies degli Scisti Zonati rappresentati da alternanza di strati sottili, piuttosto regolari, di argilliti marnose-siltose e siltiti che assumono per alterazione una tipica colorazione a bande chiare e scure (FIGURA 2).

Il livello di falda che caratterizza i depositi alluvionali è strettamente connesso alla dinamica del corso d'acqua principale e quindi al regime pluviometrico della zona; la circolazione delle acque di falda nella successione stratigrafica descritta è verosimilmente libera, con il livello della superficie freatica attestato alla quota dell'alveo del T. Gromolo, anche se livelli impermeabili costituiti da eventuali lenti di limo e argilla ne possono rendere localmente discontinua e non omogenea la presenza.

Occorre, inoltre, sottolineare che stante l'incisiva urbanizzazione di alcuni settori di territorio, con numerosi edifici in elevazione, strade e zone pavimentate o asfaltate, l'infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo è limitata e ridotta alle superfici sottratte artificialmente o naturalmente all'evoluzione antropica.

Le acque meteoriche sono, pertanto, raccolte tramite la rete di smaltimento delle acque bianche e solamente in quota minoritaria si infiltrano nel sottosuolo.

Lo schema dei deflussi superficiali del comparto fa pertanto riferimento direttamente al più volte citato T. Gromolo, che rappresenta l'asta drenante principale e svolge azione di drenaggio delle acque provenienti dalla zona urbanizzata.

Dal punto di vista idrogeologico i depositi alluvionali sono considerati terreni permeabili per porosità con grado relativo medio, con presenza permanente dell'acquifero.

3. PROVE SPERIMENTALI IN SITO

Nel settore interessato dalla realizzazione delle opere in oggetto, come indicato in ALLEGATO 2, è stata condotta una prospezione sismica a rifrazione con sismografo PASI LCM 12 canali, adottando uno stendimento massimo del profilo, compresi gli shot esterni, di circa 42 m.

Sono state eseguite quattro energizzazioni all'estremità della stesa, in modo da definire l'inclinazione dei rifrattori rispetto alla superficie topografica e tre intermedi, con la quale è stato possibile evidenziare le variazioni della morfologia dei rifrattori.

I tempi di arrivo registrati sono stati trasferiti direttamente al PC tramite apposito programma di calcolo per l'interpretazione dei risultati.

I dati elaborati hanno fornito i grafici delle dromocrone e delle velocità dei rifrattori dai quali si ricava la seguente sismostratigrafia interpretativa:

- in superficie è presente un livello caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde sismiche compreso tra 400 m/s e 500 m/s, ascrivibile a depositi alluvionali fini in condizioni di naturale umidità e poco addensati; lo spessore di tale livello è variabile tra 3.0 e 3.5 m;
- il livello successivo, fino a profondità superiori a quelle d'indagini, mostra velocità di propagazione delle onde sismiche comprese tra 1300 m/s e 1400 m/s. Tale orizzonte è assimilabile a terreni alluvionali più grossolani e addensati, in condizione di completa saturazione.

I risultati della prospezione geofisica sono raccolti nell'ALLEGATO 2.

Dall'analisi delle velocità sismiche registrate nei livelli superficiali è possibile valutare i terreni asciutti in condizioni di naturale umidità.

4. STRATIGRAFIA E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite si può delineare una situazione stratigrafica media, descritta procedendo dall'attuale piano di campagna (quota 8 m s.l.m. circa) in profondità.

Si possono in sintesi distinguere due livelli sovrapposti, aventi caratteristiche geotecniche differenziate (FIGURA 5):

- livello superficiale: costituito da materiali fini, presente fino a profondità di circa 3.0-3-5 m, mostra un grado di addensamento basso;
- livello inferiore: presente da circa 3,0-3.5 m fino alle profondità superiori a quelle d'indagine (circa 10.0 m) è caratterizzato da livelli di sabbie grossolane, ghiaie e ciottoli, addensati.

Sono attribuiti ai livelli individuati i parametri geotecnici e geomeccanici, desunti dall'esperienza personale e dal confronto con prove di laboratorio condotte su materiali simili. Si precisa che tali valori, da intendersi come medi, potranno essere modificati a seguito di ulteriori approfondimenti a supporto della progettazione strutturale e convertiti in valori caratteristici per le analisi di stabilità agli stati limite sui terreni di fondazione.

Le risultanze dei suddetti approfondimenti, la definizione dei valori caratteristici e di progetto, unitamente alle verifiche agli stati limite sulle opere interagenti con i terreni dovranno essere contenute nella relazione geotecnica, prodotta contestualmente alla progettazione strutturale.

Livello sciolto superiore: il terreno è rappresentato da argilla limosa, poco consistente, con sabbia e scaglie di lapidei.

Il comportamento geotecnico è considerato coesivo, poiché nel breve termine tali materiali generalmente riescono a mantenere fronti subverticali.

La densità secca è stimata di 15 - 16 kN/m^3, mentre in condizioni naturali, prossime alla saturazione, il peso di volume si attesta su valori tra 18 e 19 kN/m^3.

Per quanto attiene ai parametri di resistenza a taglio, nel breve termine, in condizioni di saturazione, si può stimare un valore di resistenza al taglio non drenata di 30 - 50 kPa, mentre nel lungo termine, in condizioni drenate, tale valore di coesione si abbatte fino a valori trascurabili con angolo d'attrito efficace tra 30°e 32°.

Livello sciolto inferiore: è rappresentato dal livello dei depositi alluvionali maggiormente addensati.

Il comportamento geotecnico, nonostante l'accertata presenza di matrice fine che ne influenza le caratteristiche nel breve termine, è assunto di tipo granulare.

La densità secca si può porre pari a 16-17 kN/m^3, mentre in condizioni naturali, prossime alla saturazione, il peso di volume si attesta su valori di 19-20 kN/m^3.

Per quanto attiene ai parametri di resistenza a taglio, nel lungo termine, in condizioni drenate, si possono stimare valori d'angolo di attrito efficace di picco oscillanti tra 33° e 35° e coesione drenata c' nulla.

5. INQUADRAMENTO SISMICO

Secondo quanto contenuto nelle Norme sulle Costruzioni 2018, a livello progettuale è necessario controllare il grado di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che si possono verificare nel sito in oggetto e valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, attraverso la definizione dell'entità e delle caratteristiche dell'azione sismica.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base espressa a sua volta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g (in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T) con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R.

Ai fini della presente normativa, le forme spettrali sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale*;*
- T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Alla luce delle suddette Norme Tecniche, gli spettri sismici dipendono non più dalla zona sismica come nelle precedenti normative (O.P.C.M. 3274/2003 e s.m.i), ma dalle coordinate geografiche del sito. Al fine di ricavare i valori dei suddetti parametri a partire dai nodi del reticolo di riferimento per un assegnato periodo di ritorno (Tabella 1 - Norme Tecniche), sono di seguito riportate le coordinate Gauss-Boaga dell'area d'intervento:

latitudine	44,273445 N
longitudine	9,412415 E

Occorre, tuttavia, considerare che il moto generato da un sisma in un sito dipende anche dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, nonché dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Tali fattori tendono a modificare le caratteristiche del segnale sismico rispetto a quello di un sito di riferimento rigido come definito precedentemente.

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata, in prima approssimazione, ricavando la velocità equivalente delle onde S ($Vs_{,eq}$) e riconducendo l'assetto stratigrafico del sito ad una specifica categoria di sottosuolo: con riferimento al profilo stratigrafico proposto nel presente documento per il sito in oggetto, si può ritenere valida, una categoria di sottosuolo di **tipo B** che comprende *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Per quanto riguarda gli effetti topografici, ovvero la modifica all'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, la morfologia del sito di edificazione è stata associata alla categoria T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq$ 15°) della Tabella 3.2.V delle Norme Tecniche.

I parametri necessari per le verifiche agli stati limite in condizioni sismiche sono stati derivati con apposito programma di calcolo e riassunti nella FIGURA 6, imponendo, in assenza di specificazioni da parte del Progettista, una vita nominale dell'opera di 50 anni (opere ordinarie) ed una classe II (affollamento normale).

6. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI NORMATIVE

Sulla base di quanto emerso nel corso delle indagini, in considerazione della tipologia d'intervento, che prevede la realizzazione di una scogliera il sito esaminato è ritenuto idoneo sotto il profilo geologico ad ospitare le opere in progetto.

Preliminarmente, in fase di cantiere dovranno essere eseguiti una serie di pozzetti esplorativi che consentano di accertare l'effettiva stratigrafia di progetto.

Il materiale di riempimento a tergo delle opere spondali sarà costituito dal materiale movimentato durante lo scavo e dai depositi mobili di alveo: questi ultimi in ragione della loro granulometria grossolana, saranno in grado di favorire il deflusso delle acque meteoriche provenienti dalle aree retrostanti limitando o impedendo eventuali fenomeni di saturazione.

Tenendo conto della ricostruzione dei caratteri di pericolosità geologica del territorio, analizzati nel presente elaborato tecnico, si esprime quindi un giudizio positivo in merito alla compatibilità degli interventi a progetto con gli strumenti di pianificazione del territorio vigenti.

Sulla base delle normative citate in premessa, nel corso della realizzazione delle opere a progetto dovranno essere disposte e fatte osservare prescrizioni confacenti con le effettive condizioni geologiche accertate nello sviluppo dei lavori, per la loro possibile influenza sul comportamento dell'opera in progetto nel tempo.

Contestualmente alle verifiche strutturali, dovrà essere redatta una relazione geotecnica, contenente i risultati delle indagini integrative, la definizione dei parametri geotecnici caratteristici e di progetto e le verifiche agli stati limite relative alle opere interagenti con i terreni di fondazione, con riferimento e seguito alla definizione dei parametri geotecnici medi e sismici contenuti nella presente relazione geologica.

Santa Margherita Ligure, 19 febbraio 2024

dott. geol. Francesco Olivari



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Barboro E., 2003, “Studi geologici connessi al progetto di P.U.C. del Comune di Sestri Levante”.
- Geostru, 2009, Geostru PS Parametri Sismici “Software di calcolo per la definizione della pericolosità sismica”
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2018, Decreto Ministeriale 17.01.2018 “Norme tecniche per le costruzioni”, Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20.02.2018. Suppl. Ordinario n.8
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2019, Circolare “Istruzioni per l’applicazione dell’<Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”>, Gazzetta Ufficiale n. 35 del 21.01.2019. Suppl. Ordinario n.5
- Provincia di Genova, Area 06 Difesa del Suolo, Opere ambientali e Piani di Bacino, 2003 “Ambito 17 – Torrente Gromolo Piano di Bacino stralcio per l’assetto idrogeologico D.L. 180/98 e s.m.i”.
- Regione Liguria (2004) - Carta Geologica con elementi di geomorfologia, in scala 1:25000, Foglio N° 232 Sestri Levante.

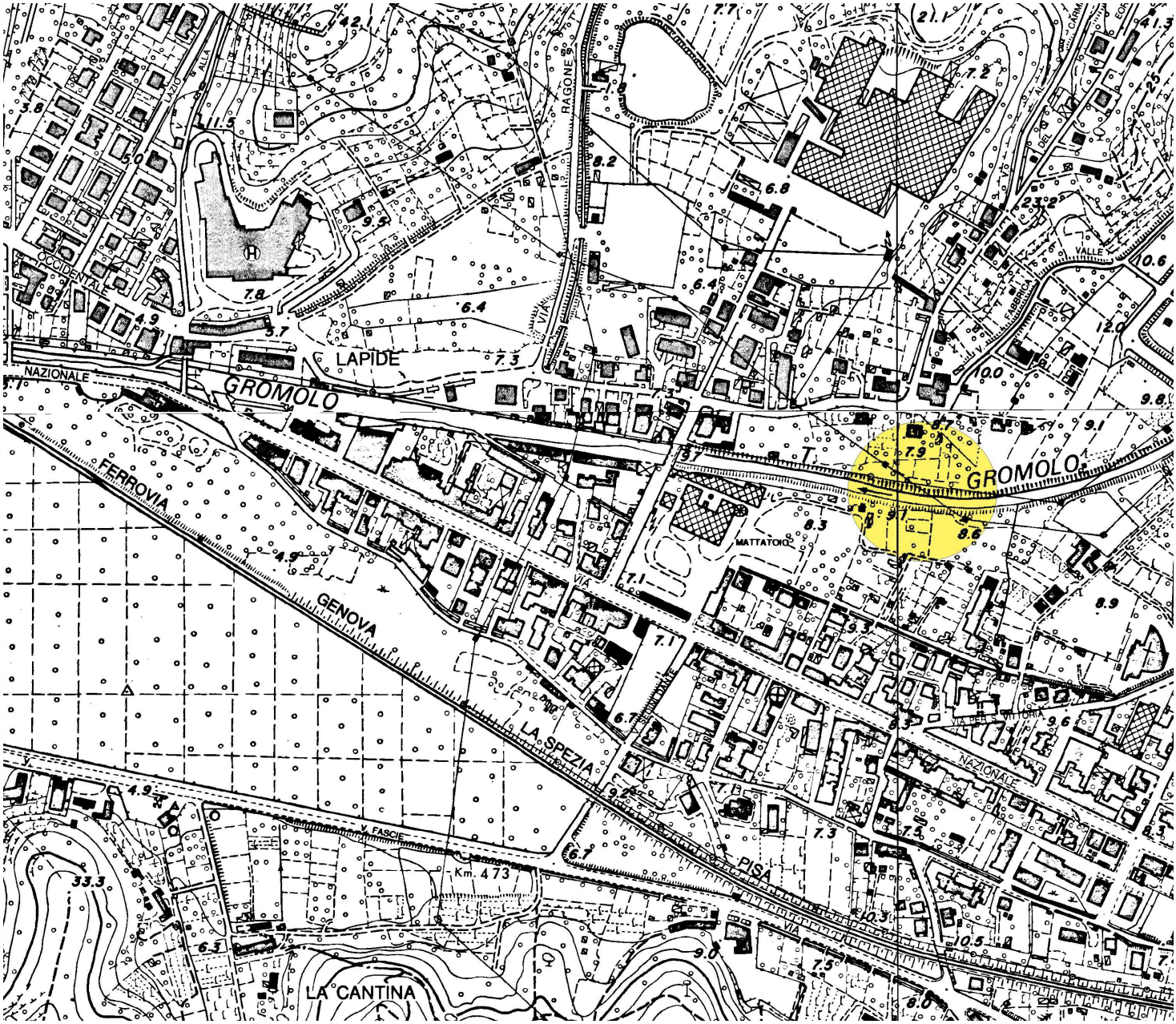
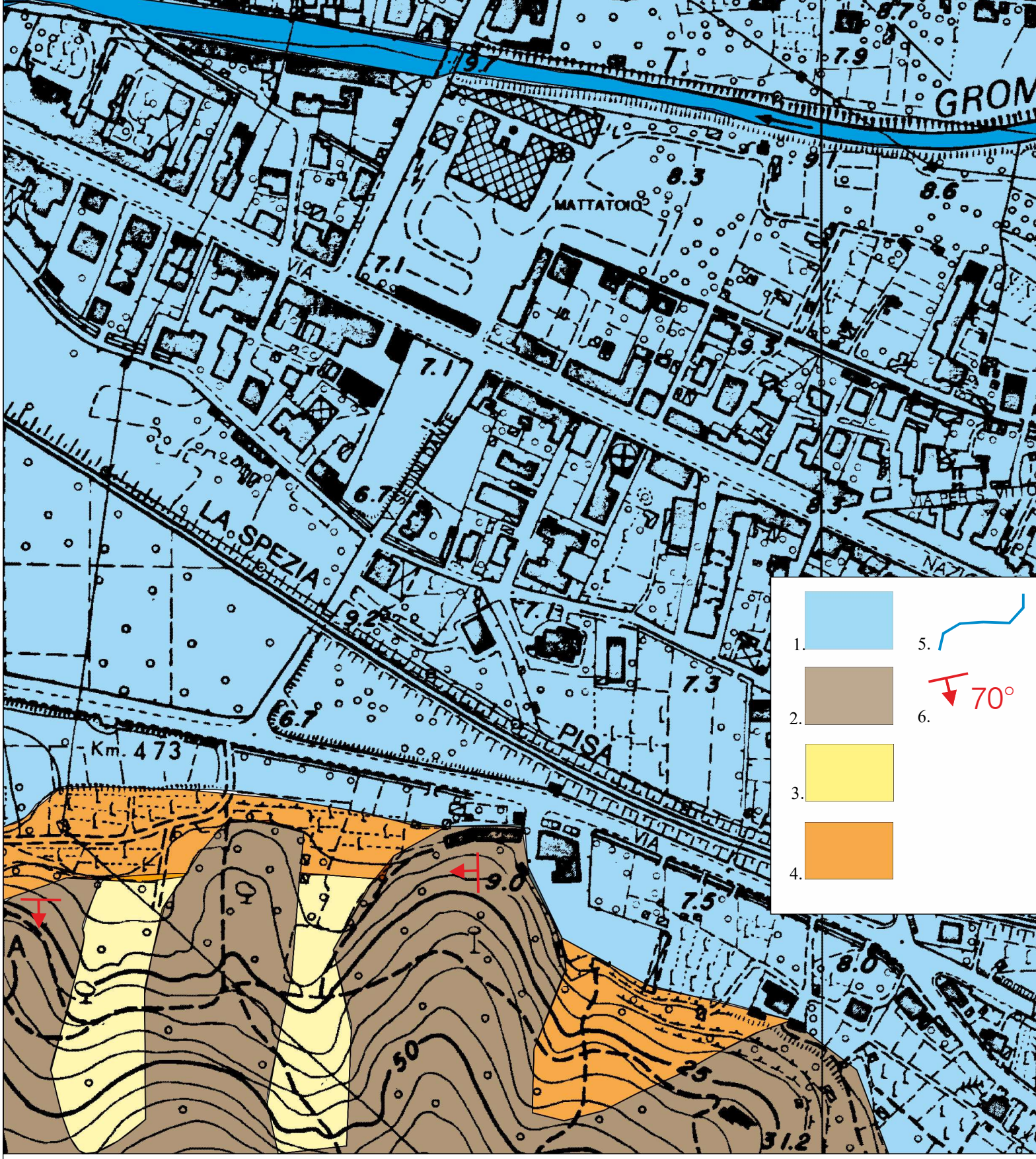


FIGURA 1

COROGRAFIA DELL'AREA IN SCALA 1:5000
(C.T.R. unione elemento n. 232091 *S. Stefano* e n. 232092 *Sestri Levante*)

INTERVENTI IDRAULICI DI CONTENIMENTO DELLA PIENA
LUNGO IL CORSO DEL TORRENTE GROMOLO
NEL COMUNE DI SESTRI LEVANTE

COMMITTENTE:
AMMIMISTRAZIONE COMUNALE

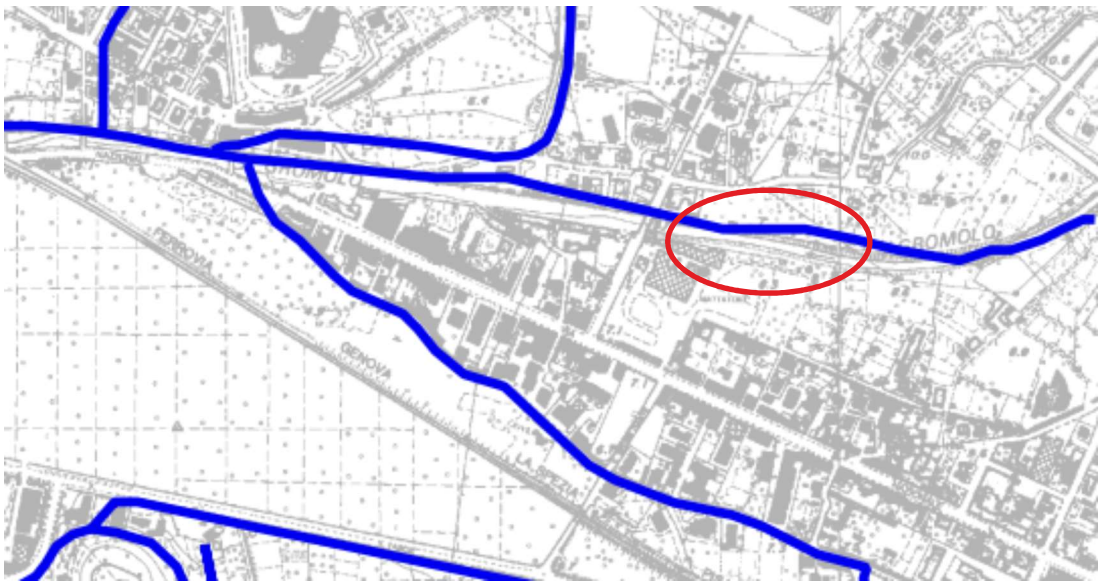


Legenda: 1. Depositi alluvionali recenti per lo piu terrazzati; 2. Basamento roccioso affiorante e/o subaffiorante; 3.Copertura sciolta sottile di origine eluvio-colluviale; 4. Copertura detritica potente; 5. Corso d'acqua; 6. Giacitura di strato.

FIGURA 2
CARTA GEOMORFOLOGICA IN SCALA 1:2500

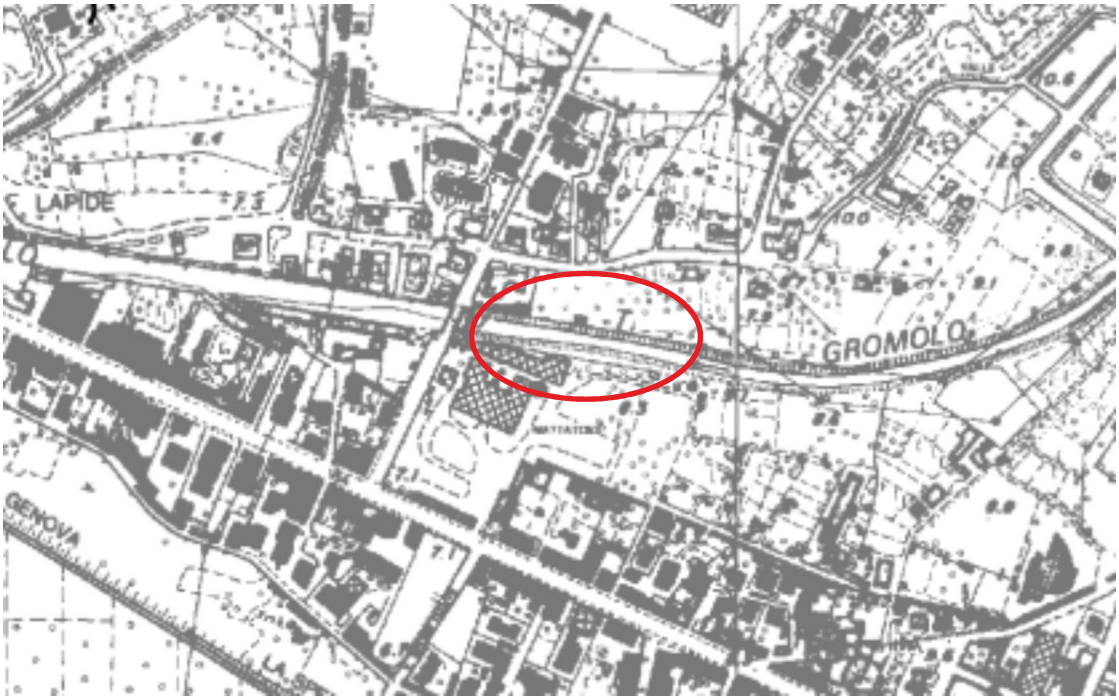
INTERVENTI IDRAULICI DI CONTENIMENTO DELLA PIENA
LUNGO IL CORSO DEL TORRENTE GROMOLO
NEL COMUNE DI SESTRI LEVANTE

COMMITTENTE:
AMMIMISTRAZIONE COMUNALE



Corso d'acqua significativo

Carta della rete idrografica significativa



Carta della franosità reale

FIGURA 3a

ESTRATTI CARTOGRAFIA P.d.B.S.
(non in scala)

INTERVENTI IDRAULICI DI CONTENIMENTO DELLA PIENA
LUNGO IL CORSO DEL TORRENTE GROMOLO
NEL COMUNE DI SESTRI LEVANTE

COMMITTENTE:
AMMIMISTRAZIONE COMUNALE



LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO		
	MOLTO ELEVATA	Pg4
	ELEVATA	Pg3a
	ELEVATA	Pg3b
	MEDIA	Pg2
	BASSA	Pg1
	MOLTO BASSA	Pg0

Carta della pericolosità geomorfologica



LEGENDA

CLASSI DI RISCHIO GEOLOGICO		
	MOLTO ELEVATO	R4
	ELEVATO	R3
	MEDIO	R2
	MODERATO	R1
	LIEVE O TRASCURABILE	R0

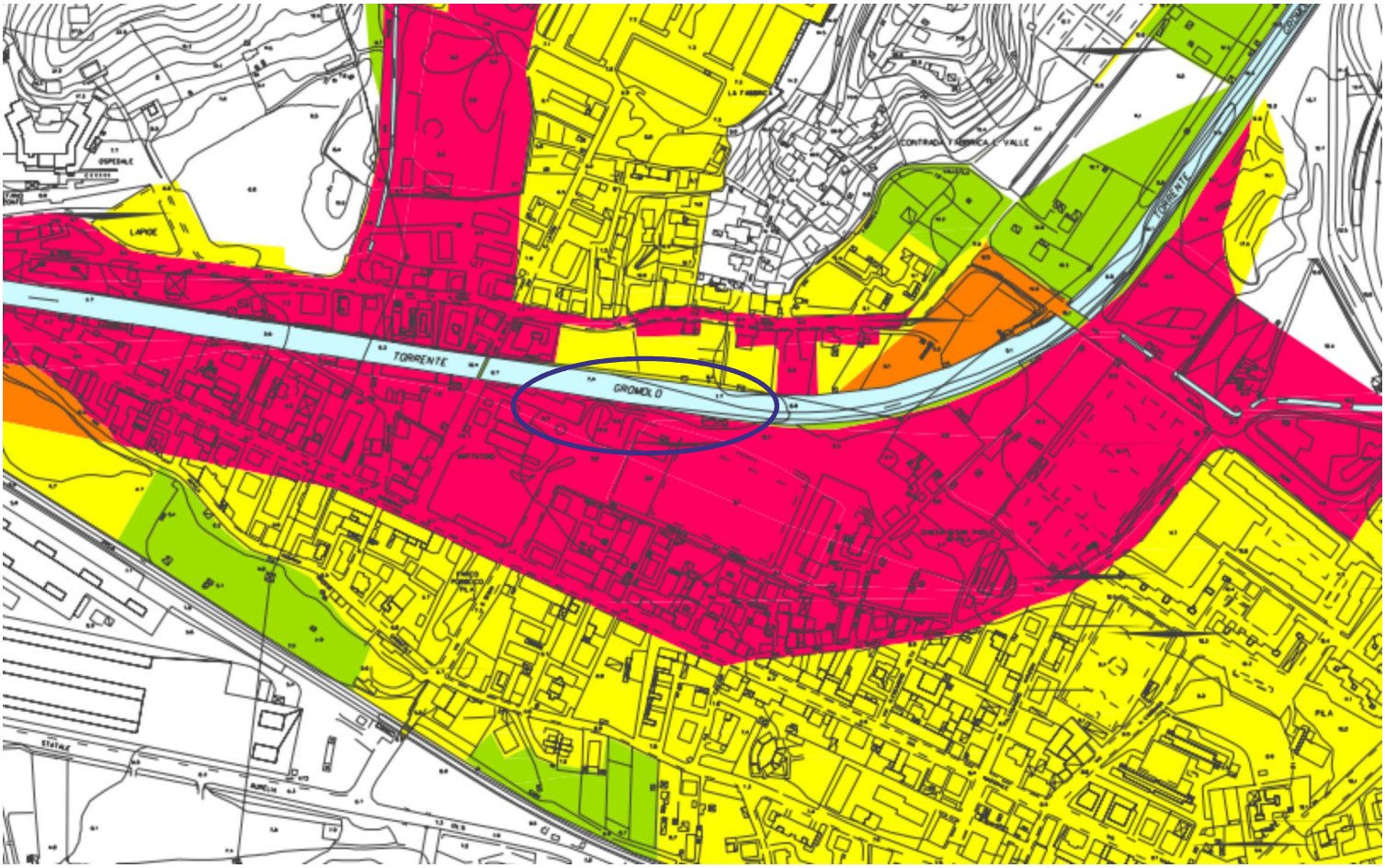
Carta del rischio geologico

FIGURA 3b

ESTRATTI CARTOGRAFIA P.d.B.S.
(non in scala)

INTERVENTI IDRAULICI DI CONTENIMENTO DELLA PIENA
LUNGO IL CORSO DEL TORRENTE GROMOLO
NEL COMUNE DI SESTRI LEVANTE

COMMITTENTE:
AMMIMISTRAZIONE COMUNALE



Carta del rischio idraulico

LEGENDA

CLASSI DI RISCHIO IDRAULICO

	RISCHIO MOLTO ELEVATO	R4
	RISCHIO ELEVATO	R3
	RISCHIO MEDIO	R2
	RISCHIO MODERATO	R1
	ALVEO ATTIVO	

FIGURA 3c

ESTRATTI CARTOGRAFIA P.d.B.S.
(non in scala)

INTERVENTI IDRAULICI DI CONTENIMENTO DELLA PIENA
LUNGO IL CORSO DEL TORRENTE GROMOLO
NEL COMUNE DI SESTRI LEVANTE

COMMITTENTE:
AMMIMISTRAZIONE COMUNALE

FIGURA 4

PLANIMETRIA DELL'AREA (scala 1:100)

INTERVENTI IDRAULICI DI CONTENIMENTO DELLA PIENA
LUNGO IL CORSO DEL TORRENTE GROMOLO
NEL COMUNE DI CHIAVARI

COMMITTENTE:
AMMINISTRAZIONE COMUNALE

limiti demaniali torrente Gromolo

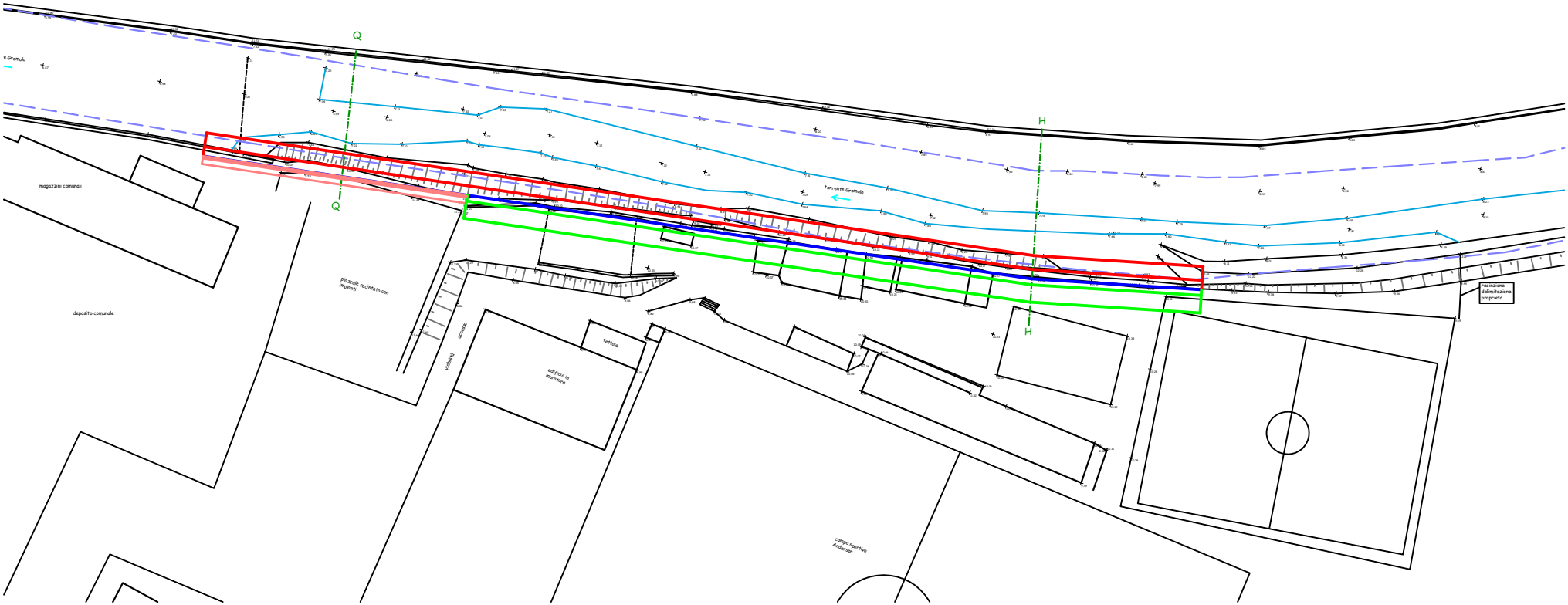
H-H traccia sezioni trasversali - idrauliche

INTERVENTO A PROGETTO

scogliera in massi di cava

rilevato in terra retrostante scogliera in massi di cava

struttura in c.a. retrostante scogliera in massi di cava



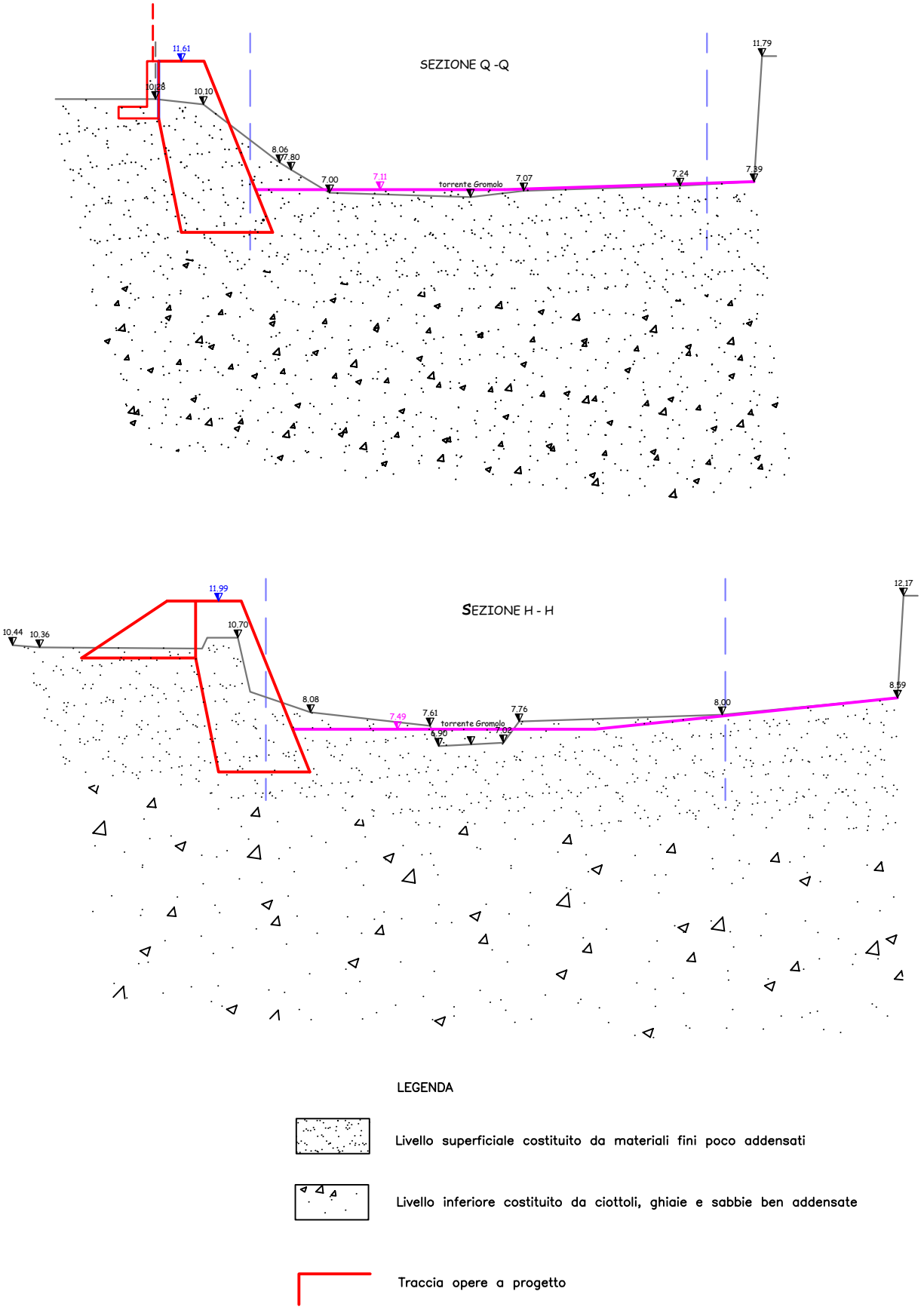


FIGURA 5

SEZIONI STRATIGRAFICHE IPOTIZZATE (scala 1:200)

INTERVENTI IDRAULICI DI CONTENIMENTO DELLA PIENA
LUNGO IL CORSO DEL TORRENTE GROMOLO
NEL COMUNE DI CHIAVARI

COMMITTENTE:
AMMINISTRAZIONE COMUNALE

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

Coordinate WGS84	Coordinate ED50
Lat. 44,273445	Lat. 44,274407
Long. 9,412415	Long. 9,413448

Classe: II
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17590	Lat: 44,2632	Lon: 9,3714	Distanza: 3571,623
Sito 2	ID: 17591	Lat: 44,2656	Lon: 9,4411	Distanza: 2406,706
Sito 3	ID: 17369	Lat: 44,3156	Lon: 9,4377	Distanza: 4968,784
Sito 4	ID: 17368	Lat: 44,3132	Lon: 9,3680	Distanza: 5630,035

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente cu: 1

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Prob. di superamento:	81 %	63 %	10 %	5 %
Tr:	30 [anni]	50 [anni]	475 [anni]	975 [anni]
ag:	0,034	0,043	0,109	0,143
Fo:	2,511	2,525	2,411	2,387
Tc*: [s]	0,208	0,235	0,285	0,288

Coefficienti Sismici

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,200	1,200	1,200	1,200
Cc	1,510	1,470	1,410	1,410
St	1,000	1,000	1,000	1,000
Kh	0,008	0,010	0,031	0,041
Kv	0,004	0,005	0,016	0,021
Amax	0,404	0,500	1,278	1,687
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno

Sito in esame.

Coordinate WGS84	Coordinate ED50
Lat. 44,273445	Lat. 44,274407
Long. 9,412415	Long. 9,413448

Classe: II
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17590	Lat: 44,2632	Lon: 9,3714	Distanza: 3571,623
Sito 2	ID: 17591	Lat: 44,2656	Lon: 9,4411	Distanza: 2406,706
Sito 3	ID: 17369	Lat: 44,3156	Lon: 9,4377	Distanza: 4968,784
Sito 4	ID: 17368	Lat: 44,3132	Lon: 9,3680	Distanza: 5630,035

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente cu: 1

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Prob. di superamento:	81 %	63 %	10 %	5 %
Tr:	30 [anni]	50 [anni]	475 [anni]	975 [anni]
ag:	0,034	0,043	0,109	0,143
Fo:	2,511	2,525	2,411	2,387
Tc*: [s]	0,208	0,235	0,285	0,288

Coefficienti Sismici

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,200	1,200	1,200	1,200
Cc	1,510	1,470	1,410	1,410
St	1,000	1,000	1,000	1,000
Kh	0,000	0,024	0,050	0,000
Kv	0,000	0,012	0,025	0,000
Amax	0,404	0,500	1,278	1,687
Beta	0,000	0,470	0,380	0,000

DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

Geol. Andrea Benedettini
Via Mameli, 138/1 - 16035 Rapallo (GE)
Cell.328.2132896 - E-mail: ab_geo@libero.it

INDAGINE GEOFISICA

COMUNE DI SESTRI LEVANTE
GENOVA

Torrente Gromolo



Progetto:

Realizzazione arginatura Torrente Gromolo nel Comune di Sestri Levante (Genova)

Oggetto:

Rapporto indagini eseguite – n.1 prospezione sismica a rifrazione

Revisione: 0
Descrizione: Prima Emissione
Data: **14/12/2023**

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi,
per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto dell'Autore.

1.0. Premessa *pag.1*

2.0. Modalità d'indagine *pag.1*

2.1. Strumentazione utilizzata *pag.1*

2.2. Indagine di sismica a rifrazione – metodologia di acquisizione *pag.2*

3.0. Modello sismostratigrafico *pag.3*

3.1. Trattamento del segnale *pag.4*

3.2. Interpretazione dei dati *pag.5*

4.0. Conclusioni *pag.6*

1.0. Premessa

A corredo delle indagini geologiche relative al progetto di realizzazione nuova arginatura è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche sulla sponda in sinistra orografica del Torrente Gromolo nel Comune di Sestri Levante (Genova).

In particolare, in corrispondenza dei terreni oggetto d'intervento, è stato eseguito n.1 stendimento sismico a rifrazione con l'obiettivo di determinare la risposta dinamica del sottosuolo e individuare le principali unità sismostratigrafiche con le relative proprietà meccanico elastiche.

2.0. Modalità d'indagine

Verificati gli spazi disponibili e le condizioni dell'area, in funzione degli obiettivi richiesti per la ricostruzione del modello geofisico del sito in esame è stata eseguita una prospezione sismica a rifrazione con la tecnica delle onde di compressione V_p come di seguito descritto.

2.1. Strumentazione utilizzata

Il sistema di energizzazione del terreno per il rilievo delle onde P è rappresentato da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su una piastra circolare del diametro di 25 cm posta a diretto contatto con la superficie del terreno; tale sistema di energizzazione consente di generare prevalentemente onde di compressione P e

secondariamente onde trasversali SV, in grado di produrre treni di onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

Il sistema di ricezione è costituito da n.12 geofoni verticali monocomponente di tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa con frequenza propria di 4.5 Hz, adatti sia per indagini a rifrazione sia per indagini di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves). I geofoni sono dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo registra il passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte dalla sorgente.

Il sistema di acquisizione del segnale è rappresentato da un sismografo multicanale Doremi che incorpora e distribuisce nel cavo sismico tutto l'hardware e la strumentazione necessaria per l'acquisizione dati sia per sismica attiva sia passiva.

Le specifiche tecniche sono descritte in allegato, il sistema di acquisizione consente fino a 155 dB di dinamica (con uso del PGA) a qualsiasi frequenza di campionamento, riduzione massima del disturbo con registrazione dei dati in digitale, zero diafonia (crosstalk), profondità di memoria fino 30 mila campioni, campionamenti da 2 millisecondi fino a 50 microsecondi (da 500Hz a 20000Hz), connessione fino a 255 canali per singolo cavo.

La strumentazione in uso consente inoltre l'esecuzione di indagini di superficie tipo MASW, REMI, rifrazione, riflessione e prove in foro.

In ultimo il sistema di trigger (geofono starter) che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa energizzante colpisce la base di battuta, scaricando la carica elettrica accumulata precedentemente da un condensatore e aprendo quindi la finestra di acquisizione dati, in questo modo è possibile individuare con precisione l'istante esatto in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

2.2. Metodologia di acquisizione

In dettaglio è stato svolto n.1 stendimento della lunghezza complessiva di 42 m, ubicato lungo la sponda in sinistra orografica, come specificato nella seguente tabella:

Profilo	Tipo	Lg [m]	Lt [m]	Geof.	Int.g [m]	Shot
SS1	Rifrazione	22	42	12	2	7

dove $\boldsymbol{L_g}$ lunghezza della stesa coperta dai geofoni - $\boldsymbol{L_t}$ lunghezza complessiva della stesa compresi gli shot esterni - ***Geof.*** numero di canali (geofoni) utilizzati - $\boldsymbol{Int_g}$ spaziatura tra i geofoni - ***Shot*** numero delle energizzazioni effettuate.

La prospezione sismica è stata svolta con n.12 geofoni ed interdistanza di 2.0 m; il terreno è stato energizzato mediante l'utilizzo di una mazza battente di 10 Kg su piastra metallica, posizionata in punti precisi rispetto alla geometria dei ricevitori:

- n.2 scoppi simmetrici (off-shots) esterni allo stendimento ad una distanza di 10 m;
- n.2 scoppi simmetrici (end-shots) esterni allo stendimento ad una distanza di 2 m;
- n.3 scoppi (mid-shot) interni alla stesa alle progressive 15, 21 e 27 m.

Al fine di ridurre l'influenza del rumore antropico e ambientale, ovvero allo scopo di aumentare il rapporto segnale-disturbo, sono state effettuate 2 energizzazioni per ciascuna base (shot point) ed i segnali corrispondenti sono stati sommati (tecnica di stacking), ottenendo così un'unica storia temporale per ciascun ricevitore.

La geometria della stesa ed i parametri di acquisizione sono stati scelti tenendo conto dei seguenti fattori:

- buon dettaglio nella definizione degli orizzonti superficiali;
- adeguata lunghezza per indagare a sufficiente profondità;
- spazio realmente a disposizione.

L'ubicazione del profilo sismico è riportata in forma schematica in allegato; la traccia della stesa è rappresentativa della lunghezza complessiva dello stendimento sismico (L_t) orientata secondo le progressive metriche crescenti, sono inoltre indicati gli shot eseguiti e la distanza coperta con i geofoni di acquisizione (L_g).

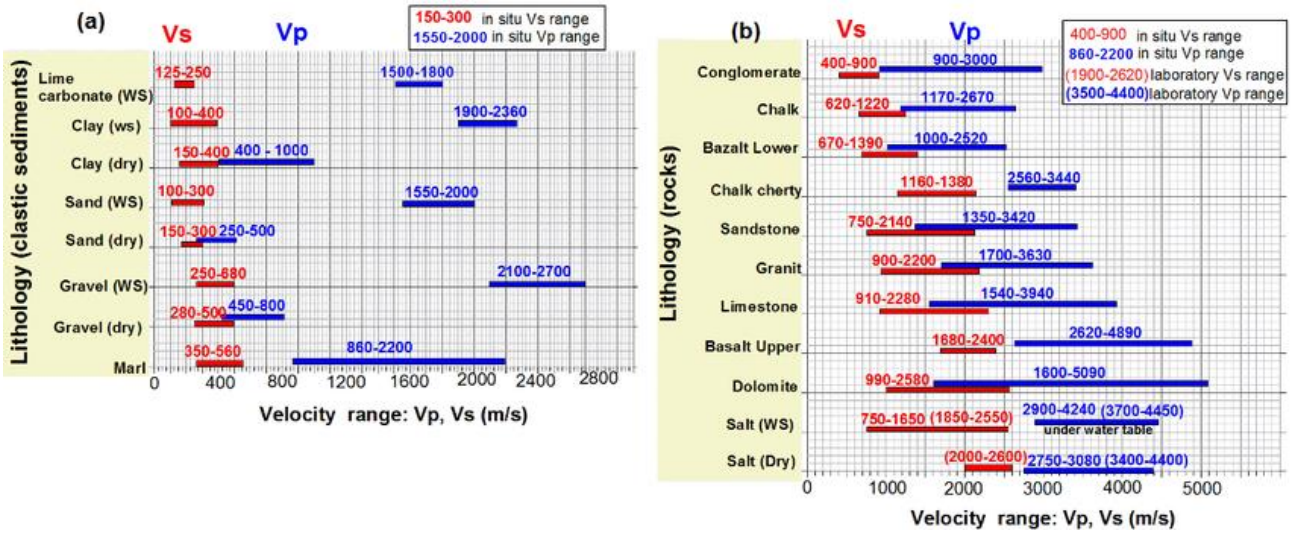
3.0. Modello sismostratigrafico

Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche e uno stendimento di geofoni lungo un profilo, giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde coniche o birifratte (head wave).

Le onde analizzate sono quelle birifratte, cioè quelle che giungono sulla superficie di separazione con un angolo d'incidenza critico secondo la Legge di Snell e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo d'incidenza.

In un materiale poroso o fratturato la velocità delle onde P dipende sia dalla velocità nella matrice solida sia dalla velocità nel fluido. Il fronte d'onda avanza quindi ad una velocità media tra quella della matrice e quella del fluido, pesata dalla frazione porosa.

Nella seguente tabella sono riportate le velocità delle onde P e onde S di alcuni materiali e rocce più comuni. La velocità delle onde sismiche dipende da vari fattori: dalla composizione mineralogica, dalla tessitura, dalla porosità, dal fluido che pervade i pori, dallo stato di alterazione e fratturazione del materiale, oltre ad altri fattori minori.



I contrasti di proprietà possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche; il modello interpretativo del mezzo investigato e di tipo elastico, omogeneo, continuo ed isotropo, mentre la profondità d'indagine (Z_{max}) varia in funzione della rigidezza del suolo, della lunghezza della stesa e dell'energizzatore impiegato. Una stima approssimativa può essere ottenuta come:

$$Z_{max} = L_g/m$$

dove $\boldsymbol{L_g}$ indica la lunghezza della linea dei geofoni - $\boldsymbol{m}$ è una variabile compresa tra 2 e 4.

3.1. Trattamento del segnale

L'elaborazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante software dedicato (SeisImager 2D) che consente la rappresentazione dei tempi di arrivo relativi ad ogni shot (dromocrone) e l'individuazione delle variazioni verticali di velocità dei diversi sismostrati.

L'interpretazione dei segnali sismici acquisiti e la conseguente stima del profilo sismostratigrafico di velocità delle onde P è stata articolata nelle seguenti fasi:

- applicazione in fase di acquisizione di filtri high pass, band pass e band reject utili per depurare il segnale sismico da frequenza spurie contaminanti (eventuali rumori di fondo) e filtri di guadagno automatico per amplificare o deamplificare in modo corretto ogni singolo canale di riferimento geofonico;

- individuazione dei primi arrivi attraverso procedure di picking automatico e osservazione diretta dei sismogrammi con confronto tra le diverse tracce acquisite;
- ricostruzione delle dromocrone delle onde P e scelta del modello stratigrafico di riferimento (due, tre o più strati);
- linearizzazione delle dromocrone e calcolo delle velocità di propagazione delle onde elastiche analizzate e dei relativi tempi di intercetta;
- ricostruzione del modello sismostratigrafico con calcolo degli spessori e delle profondità dei singoli orizzonti omogenei, continui ed isotropi.

È importante sottolineare che il passaggio da un'unità sismica all'altra ha un significato strettamente sismico, essendo il passaggio stesso una superficie di rifrazione separante verticalmente zone caratterizzate da diverse velocità di propagazione dell'impulso sismico.

3.2. Interpretazione dei dati

Le tracce sono risultate di buona qualità, con tempi di arrivo delle onde sismiche in prevalenza ben leggibili.

In alcuni casi tuttavia il segnale sismico è stato di difficile riconoscimento a causa della presenza sui sismogrammi di un picco di primo arrivo poco energetico.

Grazie alla sovrabbondanza di dati e basandosi sulle regole fisiche che intercorrono fra le dromocrone dei vari shot, è stato comunque possibile riconoscere ed eliminare eventuali dati anomali, ottenendo alla fine un insieme coerente di tempi letti.

Le dromocrone mostrano in generale un andamento irregolare, che indica la presenza di variazioni laterali delle caratteristiche (velocità e/o profondità) degli strati sismici. In tali situazioni, l'individuazione dei punti di cambio strato sulle dromocrone risulta non immediata e deve basarsi prevalentemente sul confronto fra le dromocrone relative ai vari shot.

Da un'attenta analisi delle dromocrone è possibile riconoscere una situazione a due strati, con un cambio di pendenza principale sulle dromocrone stesse:

Stesa SS1

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore intorno a 3.0-3.5 m, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 400 m/s e 500 m/s, ascrivibile a depositi alluvionali fini in condizioni di naturale umidità e poco addensati;
- il livello successivo è caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 1300 m/s e 1400 m/s, fino a profondità superiori a quelle d'indagine;

l'orizzonte è assimilabile ai depositi alluvionali più grossolani e addensati, in condizione di completa saturazione.

Le indagini sismiche hanno permesso inoltre di acquisire alcune informazioni utili per definire il contenuto d'acqua nel terreno; le basse velocità sismiche registrate nei livelli più superficiali, inferiori alla velocità delle stesse in un mezzo saturo, consentono di valutare i terreni asciutti in condizioni di naturale umidità.

I dati identificativi ed i parametri di acquisizione, oltre ai risultati in forma grafica delle prospezioni geofisiche eseguite, sono raccolti in allegato.

4.0. Conclusioni

Il report presenta i risultati delle indagini condotte per la determinazione della sismo-stratigrafia a corredo delle indagini geologiche per il progetto di realizzazione nuova arginatura lungo il Torrente Gromolo nel Comune di Sestri Levante (Genova).

A tal scopo, è stato eseguito n.1 profilo sismico investigativo impiegando la tecnica della sismica a rifrazione.

A seguito dei risultati ottenuti è possibile definire per l'area d'indagine un modello geofisico interpretativo costituito da n.2 unità sismo-stratigrafiche principali che dall'alto verso il basso possono essere cosi sinteticamente schematizzate:

- Unità 1 – depositi alluvionali fini poco addensati con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 400 m/s e 500 m/s fino a profondità di 3.0-3.5 m da p.c.;
- Unità 2 – depositi alluvionali grossolani con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 1300 m/s e 1400 m/s fino a profondità superiori a quelle d'indagine.

Rapallo, 14 dicembre 2023

Geol. Andrea Benedettini



Elenco allegati

Figura 1: inquadramento cartografico

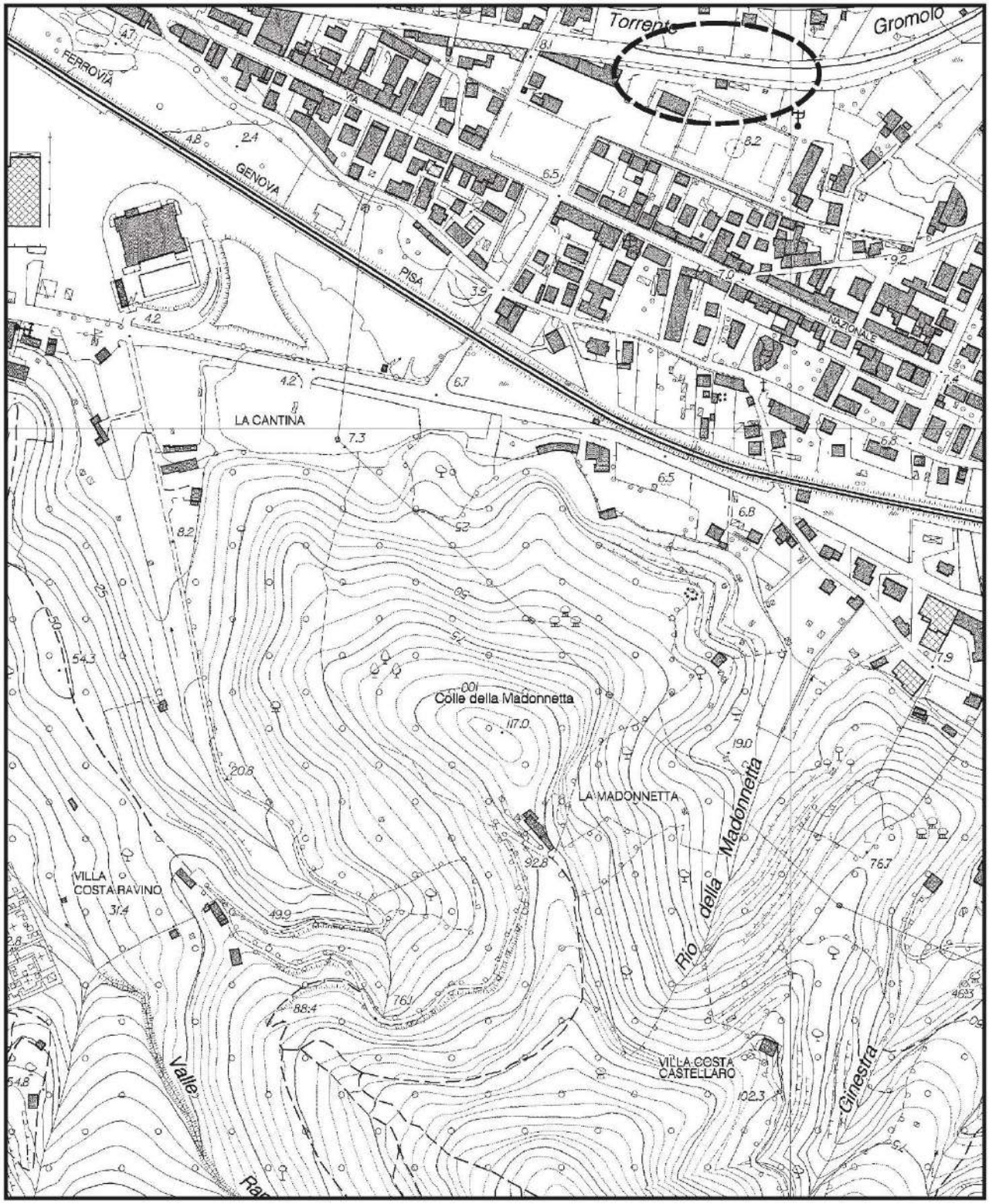
Figura 2: carta delle prospezioni

Figura 3: caratteristiche strumentazione

Figura 4: dati generali stesa SS1

Figura 5: dromocrone e sezione sismostratigrafica SS1

Figura 6: documentazione fotografica



1 | Inquadramento cartografico

n. figura

5000

scala



2	Carta delle prospezioni
n.	figura
500	
scala	

Sismografo DoReMi
Caratteristiche tecniche

Architettura
Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta: 255
Dimensioni dell'elemento (esculso il cavo): 80x55x18 mm
Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo: 4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni,
flesso-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

Campionamento
Memoria: 64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in *Hz*: 200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in *ms* di: 5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria: ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi
MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi
Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi

Dinamica del sistema
Risoluzione con guadagno 10x: 7.600 µV
Risoluzione con guadagno 1000x: 0.076 µV
Dinamica di base: 96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore: 80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz: >90dB
Full range a 10x: 0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS: 0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica: 155dB
Dinamica totale senza postprocessing: > 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing: >140dB

Convertitore A/D
Tipologia: SAR - Risoluzione: 16 bit - Dinamica: 96 dB

Preamplificatore
Tipologia: ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri: 3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni: da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune: >80dB
Diafonia (crosstalk): non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso: >100kΩ•

3	Caratt. della strumentazione
n.	figura
//	
scala	

SISMICA A RIFRAZIONE: STESA SS01

DATI GENERALI DELLA STESA

Data:	14/12/2023
Località:	Torrente Gromolo
Comune:	Sestri Levante (GE)

Lunghezza della stesa:	22,0
Lunghezza complessiva:	42,0
Numero geofoni:	12
Distanza intergeofonica:	2,0
Numero energizzazioni:	7

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Strumentazione:	DOREMI
Passo di campionamento:	0.1 ms
Durata di una traccia:	100 ms
Delay time:	0 ms
Sorgente:	mazza 10 kg

ELEMENTI DELLA STESA

SHOT= posizione in m

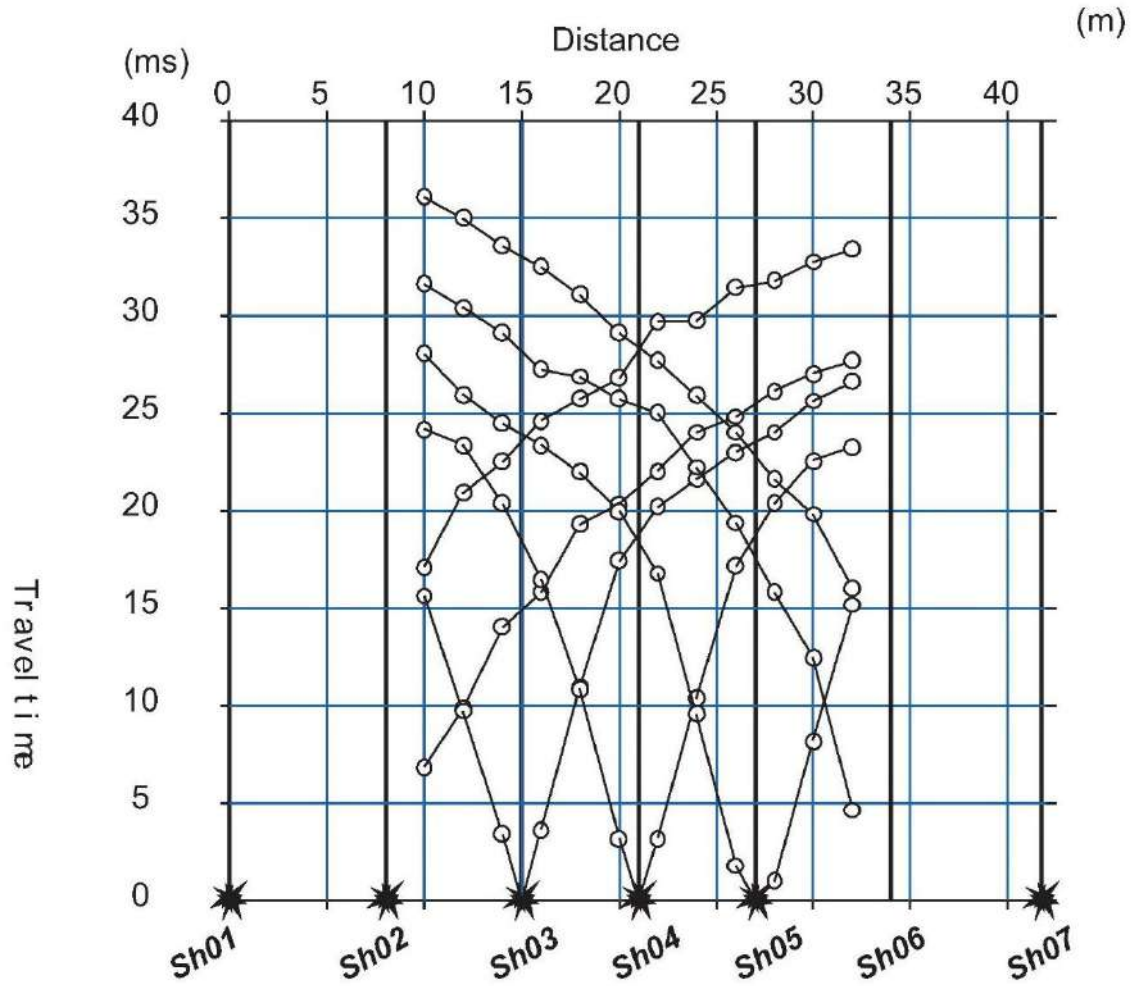
nome	y	x
shot 01	0,0	0,0
shot 02	0,0	8,0
shot 03	0,0	15,0
shot 04	0,0	21,0
shot 05	0,0	27,0
shot 06	0,0	34,0
shot 07	0,0	42,0

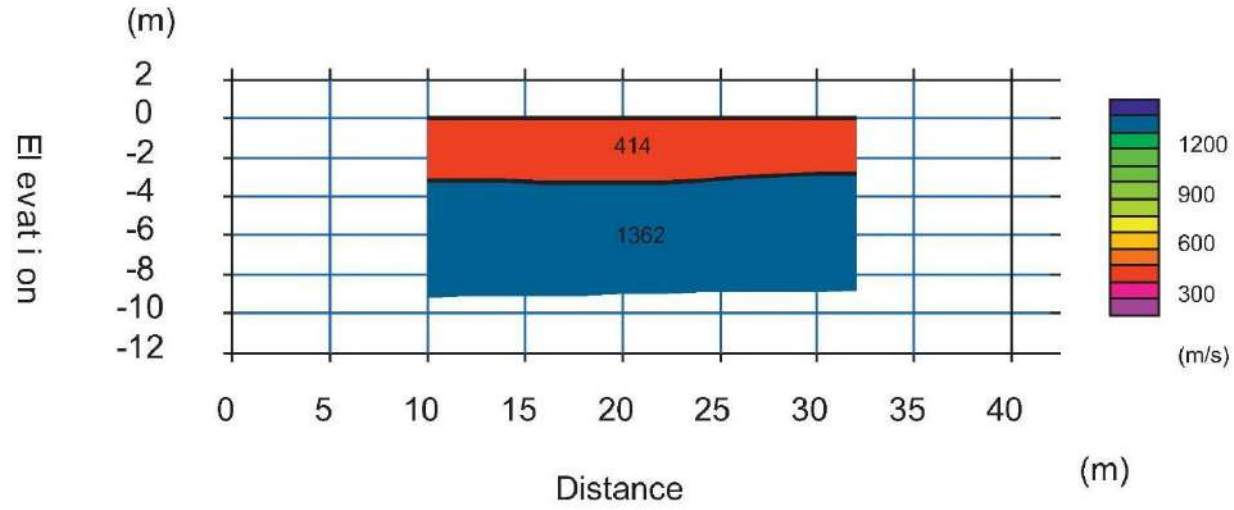
GEOFONI=posizione in m - tempi di arrivo in ms

nome	y	x	shot 01	shot 02	shot 03	shot 04	shot 05	shot 06	shot 07
G1	0,0	10,0	17,1	6,8	15,6	24,2	28,1	31,6	36,1
G2	0,0	12,0	20,9	9,8	9,7	23,4	26,0	30,4	35,0
G3	0,0	14,0	22,5	14,0	3,4	20,4	24,5	29,1	33,6
G4	0,0	16,0	24,6	15,8	3,6	16,5	23,4	27,3	32,5
G5	0,0	18,0	25,7	19,3	10,9	10,9	22,0	26,9	31,1
G6	0,0	20,0	26,8	20,3	17,4	3,2	20,0	25,7	29,1
G7	0,0	22,0	29,7	22,0	20,2	3,2	16,8	25,0	27,7
G8	0,0	24,0	29,8	24,0	21,6	10,4	9,6	22,2	25,9
G9	0,0	26,0	31,5	24,8	23,0	17,2	1,8	19,4	24,0
G10	0,0	28,0	31,8	26,1	24,0	20,4	1,0	15,8	21,6
G11	0,0	30,0	32,8	27,0	25,6	22,6	8,2	12,5	19,8
G12	0,0	32,0	33,4	27,7	26,6	23,3	15,2	4,6	16,0

4 — n. figura — Dati generali della stesa SS1

// — scala





n.	figura
5	Dromocrone e sez. sism. SS1
scala	
//	



Foto 01 - Prospezione sismica SS1



Foto 02 - Prospezione sismica SS1

6	Doc. fotografica
n.	figura
//	
scala	