

COMUNE DI S. LORENZO AL MARE PROVINCIA DI IMPERIA

RELAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO



Aumento della resilienza dei territori ALCOTRA a rischio inondazioni
improvvisi e inquinamento acque

Programmazione Comunitaria 2014/2020

Programma Interreg V-A Italia - Francia ALCOTRA II^ Progetti singoli Asse 2

Titolo Lavoro:

**PROGETTO PER RETE DI MONITORAGGIO IDRO -
PLUVIOMETRICA SUL TORRENTE SAN LORENZO**

**STUDIO DI GEOLOGIA dott. geol. ANFOSSI PAOLO
GEOLOGIA TECNICA - IDROGEOLOGIA - GEOFISICA**

Data: luglio 2019

INDICE

1. PREMessa E OBIETTIVI DEL LAVORO.....	pag. 2
2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA.....	pag. 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	pag. 5
4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE.....	pag. 7
5. INDAGINE IN TIPOLOGIA “SISMICA PASSIVA”.....	pag. 8
6. RISCHIO SISMICO.....	pag. 13
7. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO - UNITA’ LITO – TECNICHE.....	pag. 18
8. COMPATIBILITA’ CON LA PIANIFICAZIONE DI BACINO.....	pag. 19
9. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI.....	pag. 20

1. PREMESSA E OBIETTIVI DEL LAVORO

Su incarico del Comune di San Lorenzo al Mare (Progetto INTERREG ALCOTRA RISQ' EAU), io sottoscritto, geol. ANFOSSI Paolo, iscritto con il n. 613 all'Albo Professionale dell'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria e con ufficio tecnico in Via Lungo Argentina Gen. Domenico Fornara n. 19 a Taggia (IM), in seguito ai contatti intercorsi ed ai sopralluoghi effettuati con l'Ing. DE MELAS Alessio, ho provveduto a redigere la corrente Relazione Geologica e Modellazione Sismica del sito in merito al *“Progetto per rete di monitoraggio idro – pluviometrica sul Torrente San Lorenzo”*, in Comune di San Lorenzo al Mare (IM).

L'intervento prevede essenzialmente la realizzazione di una struttura metallica a traliccio destinata al sostegno della strumentazione di monitoraggio (pluviometro e idrometro).

Per una completa descrizione degli interventi si rimanda comunque agli elaborati prodotti dal Tecnico sopra citato

La presente pratica è stata eseguita ai sensi del **D.M. 17.01.2018** (Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”). Queste rappresentano il testo riveduto delle norme tecniche per le costruzioni di cui alla Legge 5.11.1971 (n.1086), alla Legge 2.02.1974 (n.64), al Decreto del Presidente della Repubblica 6.06.2001 (n.380), ed al Decreto 28.05.2004 (n.136), convertito con modificazioni dalla Legge 27.07.2004 (n.186); le **NTC 2018** sono le Norme che sostituiscono le precedenti NTC 2008, approvate con **D.M. 14.01.2008**.

Le Norme Tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni; esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Si è inoltre provveduto alla raccolta di importanti dati bibliografici inerenti la zona in esame facendo riferimento al P.T.C.P. (Piano Territoriale di Coordinamento

Paesistico), alla cartografia ed alle norme di attuazione del Piano di Bacino denominato “Torrente San Lorenzo” (Ambito di bacino n. 5 Prino) - approvato dagli organi della Provincia con D.C.P. n. 90 in data 15.10.2002 e ss.mm.ii., alla Carta Geologica d’Italia in scala 1:50.000 (Foglio Sanremo 258-271, Giammarino e Altri, 2010) e relative Note Illustrative ed, infine, alle norme geologiche di attuazione del Piano Regolatore Generale (P.R.G.) del Comune di San Lorenzo al Mare.

Gli studi e le indagini di approfondimento effettuate ad espletamento dell’incarico sono quindi consistite in:

- ricerca bibliografica;
- rilevamento geologico – geomorfologico - idrogeologico esteso ad un intorno significativo sia a monte che a valle dell’area di studio;
- caratterizzazione sismica dei terreni e calcolo dei parametri e dei coefficienti sismici fondamentali del sito: stima della velocità delle onde S (parametro $V_{s,eq}$) mediante registrazione con metodologia “sismica passiva” per mezzo di un tromometro digitale (modello: “THEREMINO”) con una stazione di misura;
- utilizzo di precedenti dati disponibili: nello specifico si è fatto riferimento alla Relazione geologica redatta dal Geol. LIGORINI Giorgio in merito al *“Completamento della viabilità di lungo argine destro del torrente San Lorenzo, con la realizzazione di un ponte veicolare, in attuazione di un circuito di percorrenze per il decongestionamento del traffico locale con creazione di percorsi ciclo-pedonali – primo lotto”*.

Si precisa che il sito ricade all’**esterno** delle aree sottoposte al **R.D. 3267** del 30.12.1923 *“Riordinamento e riforma della Legislazione in materia di boschi e di terreni montani”* ovvero del cosiddetto **Vincolo Idrogeologico** (vedi anche **L.R. 4** del 22.01.1999 – *“Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico”*); ed il recente *“Collegato ambientale alla legge di Stabilità 2016”* **L.221/2015**).

2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

Il territorio di interesse è ubicato nel Comune di San Lorenzo al Mare nei pressi del ponte ferroviario; il sito è posto a quote altimetriche che si aggirano intorno ai 10 m.s.l.m., in sponda idrografica destra del torrente San Lorenzo.

L'area è compresa nelle Sezioni C.T.R. scala 1:5.000 n° 258122; più precisamente l'intervento è individuato dalle seguenti coordinate:

ED50 Lat. 43,860497 Long. 7,959683



Fig. 1: vista generale del sito (da Google Earth).

Il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (P.T.C.P.) inserisce tale zona in:

- Assetto Insediativo:	IS MA	Insed. sparso – Mantenim.
- Assetto Vegetazionale:	COL-IDS-CO	Colt. – Insed. diff Serre – Consol.
- Assetto Geomorfologico:	MO-B	Modificabilità di tipo B

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nella zona indagata è presente un terreno superficiale con riporti antropici che ricopre omogeneamente i sottostanti depositi alluvionali che mascherano a loro volta l'ammasso roccioso flyschoidale che rappresenta la base della successione stratigrafica.

- **Terreno superficiale e Riporti antropici**

Costituiti in prevalenza da ghiaia, ciottoli e blocchi in matrice limoso argillosa, da mediamente a molto addensati, presentano uno spessore di circa 3.0 metri (in accordo con il sondaggio S1 realizzato in prossimità dell'area di pertinenza).

Sondaggio S1	
Profondità	Litologia
0.00 – 1.00	Riporti artificiali: clasti di natura calcareo marnosa in matrice argilloso limosa di colore grigio chiaro
1.00 – 1.50	Riporti artificiali: blocco di arenaria di colore grigio
1.50 – 3.00	Riporti artificiali: clasti di natura calcareo marnosa in matrice argilloso limosa di colore grigio chiaro
3.00 – 6.40	Depositi alluvionali: ghiaie eterometriche di natura calcareo marnosa in matrice argillosa
6.40 – 6.60	Depositi alluvionali: ghiaie eterometriche di natura calcareo marnosa
6.60 – 7.50	Depositi alluvionali: limo argilloso di colore azzurro ed alterazione marrone
7.50 – 9.00	Depositi alluvionali: ghiaie eterometriche ed eterogenee di natura flyschoidale in matrice argillosa
9.00 – 9.80	Depositi alluvionali: ghiaie eterometriche di natura flyschoidale
9.80 – 13.00	Depositi alluvionali: ghiaie eterometriche di natura flyschoidale in matrice argillosa
13.00 – 13.50	Depositi alluvionali: ghiaie eterometriche di natura flyschoidale in abbondante matrice argillosa
13.50 – 15.00	Depositi alluvionali: argille sabbiose di colore grigio scuro con rari ciottoli
15.00 – 16.70	Substrato roccioso: arenarie compatte di colore grigio

Fig.2: sondaggio S 1 (da relazione del Geol. LIGORINI Giorgio, 2015)

- **Depositi Alluvionali**

I **Depositi alluvionali**, come indicato anche dal Piano di Bacino ed in base ad altri studi più recenti realizzati nella Provincia di Imperia (ad esempio il Progetto CARG), sono presenti principalmente nella piana terminale del torrente Argentina e lungo i corsi d'acqua maggiori.

I depositi alluvionali terrazzati vengono indicati con numeri crescenti a partire dal più basso e recente (b_{n1}) fino al più alto ed antico (b_{n4}): i materiali presenti nell'area esaminata sono classificati come "*depositi alluvionali terrazzati di primo ordine*" (b_{n1} su Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 Foglio Sanremo 258 – 271, Giammarino e Altri, 2010) e possono essere attribuiti all'Olocene.

I depositi alluvionali sono generalmente costituiti da una notevole complessità di litologie, con ciottoli di varia origine, che vanno dalle argille ai blocchi di diametro anche metrico con frequenti variazioni laterali e verticali, ed hanno origine dai fenomeni di erosione, trasporto e deposizione che i vari corsi d'acqua hanno operato nel corso delle ere geologiche. I costituenti delle alluvioni sono da ricercare nei materiali componenti gli ammassi rocciosi del substrato rigido del bacino idrografico; per questo si ritrovano ciottoli, sabbie e massi che hanno origine arenacea, calcarea e argillitica rispecchiando perciò le litologie presenti nell'area a monte della zona indagata.

Le granulometrie più frequenti sono, comunque, rappresentate da ciottoli, ghiaie e sabbie, caratterizzati talora da una marcata ferrettizzazione e da un accenno di cementazione; le frazioni fini sono spesso associate in proporzioni variabili od intercalate ai depositi più grossolani e solo sporadicamente rappresentano l'unico litotipo presente.

Lo spessore di questi depositi è assai variabile localmente ma comunque, in base alla stratigrafia ricostruita grazie al sondaggio geognostico S1, si è potuto localizzare il substrato roccioso (cappellaccio) ad una profondità di circa 15,0 metri dal piano campagna attuale, con uno spessore dei depositi alluvionali di circa 12,0 metri.

I sopralluoghi e le osservazioni di campagna condotte in sito hanno pertanto sostanzialmente confermato la caratterizzazione geologica dei luoghi fornita dalla CARG.

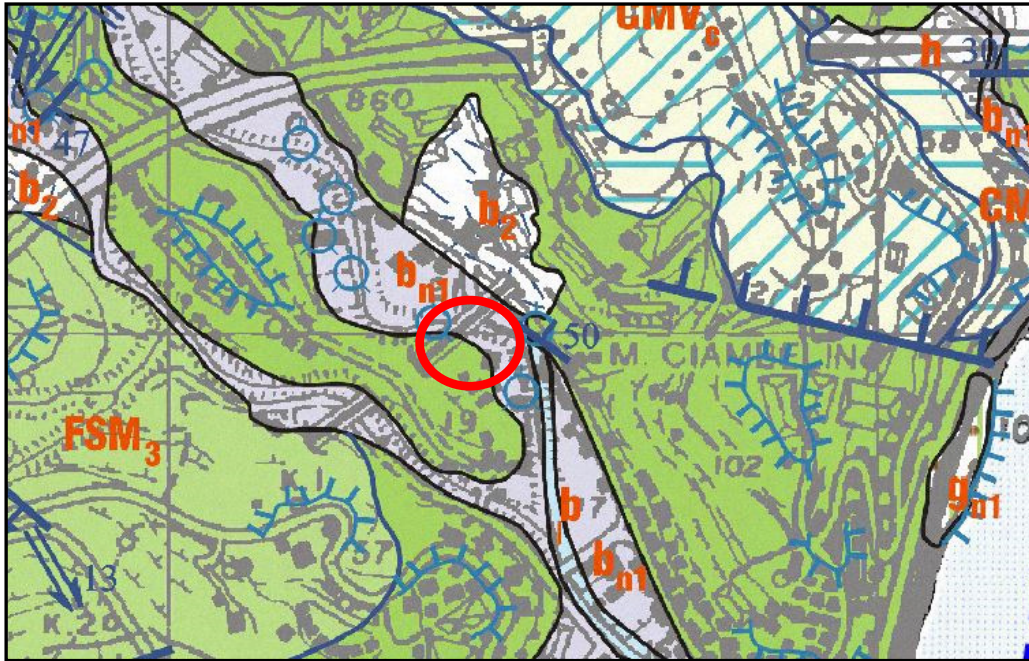


Fig.3: Stralcio carta geologica (da Progetto CARG).

4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

La zona in esame presenta una pendenza media del 0% – 10% (= 0° - 6° circa), corrispondente alla classe 1 sul vigente Piano di Bacino.

Si precisa che l'assetto geologico-geomorfologico e strutturale del sito, oltre all'inserimento dell'area nella classificazione **Pg 0** (pericolosità molto bassa) nella Carta della suscettività al dissesto dei versanti ed **Rg 0** (rischio lieve o trascurabile) nella Carta del Rischio geomorfologico del vigente Piano di Bacino, fanno ritenere che attualmente non vi siano indicatori di pericolo dal punto di vista morfologico tali da pregiudicare la realizzazione degli interventi previsti.

Nel territorio circostante non sono stati rilevati fenomeni di dissesto idrogeologico, in atto o potenziali, di una certa importanza né sono stati ravvisati o segnalati marcati segni di instabilità.

In definitiva l'area di pertinenza appare stabile; si ricorda, a tal proposito, che la localizzazione del sito ricade all'interno di una zona che tutta la documentazione bibliografica esistente a cui si è fatto riferimento indica come priva di problematiche gravitative.

I sedimenti del sottosuolo possiedono un intervallo di permeabilità k (del tipo "per porosità") variabile in funzione delle diverse caratteristiche granulometriche e di addensamento dei depositi fluviali; a tali depositi si può attribuire un valore del Coefficiente di Darcy, per le porzioni a componente più fine, compreso tra $K=10^{-4}$ cm/sec e $K=10^{-5}$ cm/sec. Quelli sottostanti, a composizione granulometrica generalmente più grossolana, sono mediamente più permeabili e possono presentare una variazione dei valori del Coefficiente di Darcy tra $K=10^{-3}$ cm/sec e $K=10^{-4}$ cm/sec.

5. INDAGINE IN TIPOLOGIA "SISMICA PASSIVA"

Sul terreno di pertinenza è stata eseguita un'indagine geofisica in tipologia "sismica passiva" per acquisire una più dettagliata conoscenza del sottosuolo in questione. La tecnica sismica a stazione singola (tecnica dei rapporti spettrali H/V o HVSR – Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è un sistema di indagine del sottosuolo introdotto da Kanai già negli anni '50 (Kanai, 1954), ma diffuso in campo applicativo solo negli anni '90 grazie al lavoro di Nakamura (1989).

L'analisi consiste nella registrazione del microtremore sismico ambientale in un sito per alcuni minuti tramite strumenti sensibili (geofoni) e nella successiva determinazione del rapporto tra le componenti orizzontale e verticale del segnale sismico registrato (H/V).

Questa tecnica viene utilizzata principalmente per:

- determinare la **frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo**: la risonanza è dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una sensibile variazione di impedenza acustica (densità mezzo X velocità onde);

- individuare la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, che viene misurata all'interno della struttura e comparata con la frequenza caratteristica del sito;
- realizzare **indagini stratigrafiche preliminari del sottosuolo**, individuando, in particolare, la profondità del contatto copertura – bedrock, caratterizzato da un più marcato contrasto di impedenza rispetto alle singole discontinuità;
- stimare **il valore di $V_{s,eq}$** in presenza di un vincolo, come la profondità di un riflettore sismico di cui si riconosce il marker nella curva H/V o la disponibilità del valore di V_s dello strato superficiale.

Dal diagramma H/V è stato possibile osservare come la frequenza caratteristica di risonanza del sito fosse registrata in corrispondenza di alcuni picchi di frequenza dai valori **bassi**, indice di una certa profondità del **rifratore/riflettore sismico** principale.

Nello specifico è stata utilizzata tale tecnica per verificare la stratigrafia dei luoghi; inoltre con l'impiego di opportuni algoritmi è stato possibile ottenere l'inversione delle curve dei rapporti H/V, finalizzata alla determinazione dei profili di velocità delle onde S nel sottosuolo e quindi della $V_{s,eq}$ richiesta dalle **N.T.C. 2018**.

Le registrazioni dei microtremori sono state effettuate mediante il tromografo digitale denominato "Theremino", elaborate con il software GRILLA e sottoposte, inoltre, ai criteri di validazione SESAME.

Le grandezze citate sono legate dall'equazione:

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4H}$$

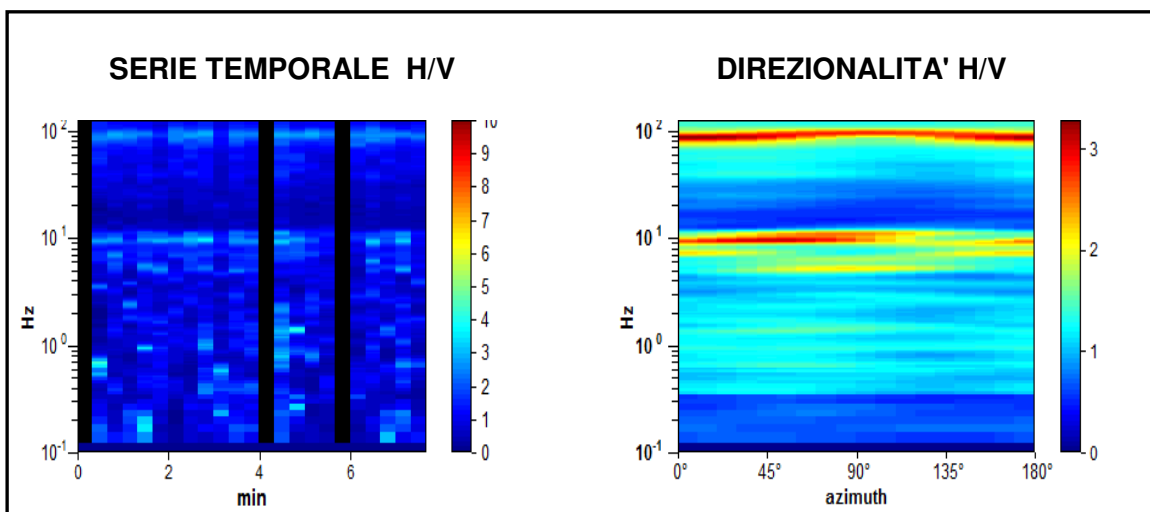
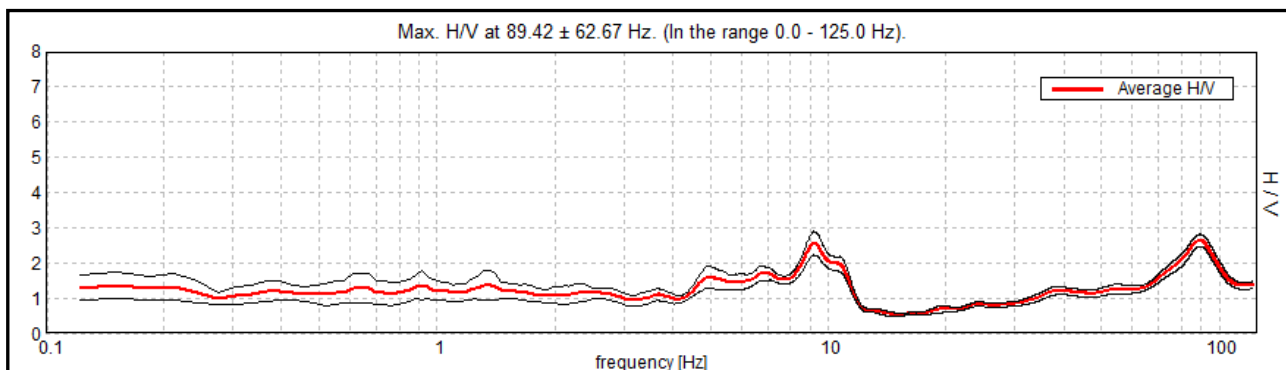
f_r = frequenza fondamentale di risonanza;

H = spessore del primo strato;

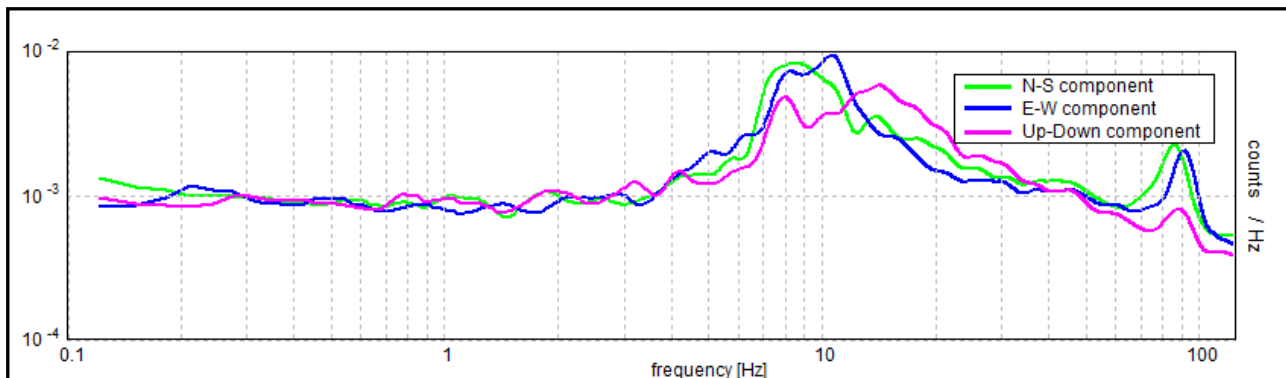
V_{s1} = velocità onde S del primo strato.

E' stato pertanto eseguita una stazioni di misura: si ricorda che la tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

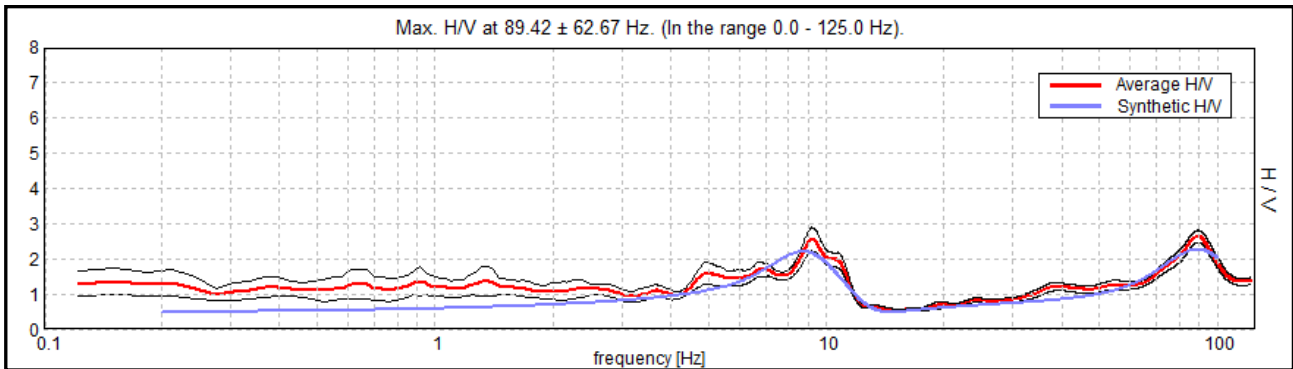
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



$V_{s,eq} = 377 \text{ m/s}$ (da livello - 1,5 m. circa) NTC 2018

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]	Descrizione
0.28	0.28	99	Terreno superficiale
6.05	5.77	206	Riporti antropici/Depositi alluvionali (a circa 3 metri)
30.85	24.80	448	Depositi alluvionali compatti che sfumano nell'ammasso fratturato (a circa 15 metri da p.c.)
Inf.	Inf.	497	Ammasso roccioso fratturato

$V_{s,eq} = 377 \text{ m/s}$

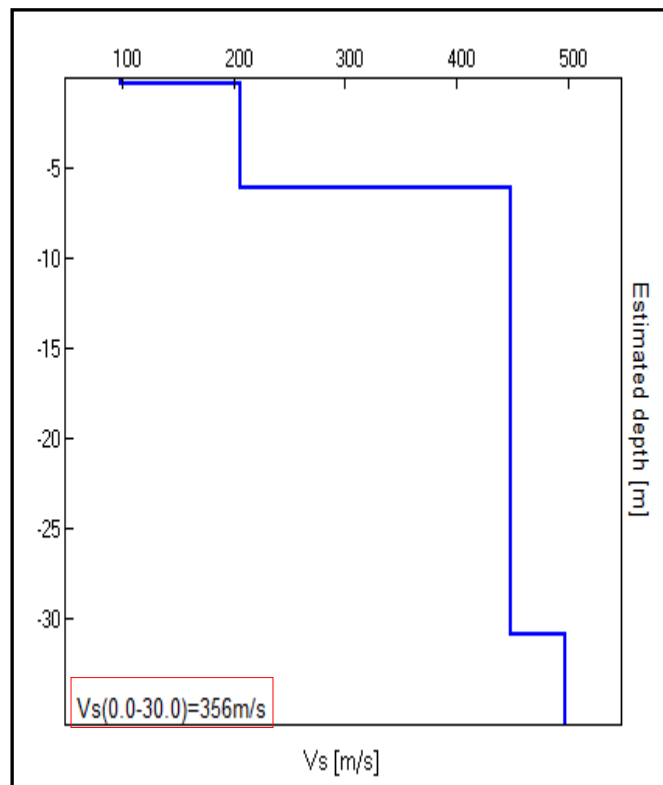


Fig. 8: Diagramma velocità – profondità.

Prova sismica HVSR



Le caratteristiche tecniche dello strumento utilizzato sono riportate nella tabella successiva.

PRINCIPALI NOTE TECNICHE DEL <u>THEREMINO</u>
Theremino Master DIL (modulo theremino master con microcontrollore in package DIL e 6 I/O Geofoni (3) da 4,5 Hz (1 verticale e 2 orizzontali))
Theremino geoPreamp (3) di collegamento

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, **VS,eq** (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

hi = spessore dell'i-esimo strato;
VS,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N = numero di strati;
H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

I suoli di fondazione sono stati suddivisi in cinque classi (A, B, C, D, E): sulla base di un ragionato esame dei dati ottenuti dal rilievo eseguito e dalle prove geofisiche realizzate in tipologia “sismica passiva”, la zona indagata si può assimilare alla categoria di sottosuolo **B** “*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 equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*”, secondo le tabelle 3.2.II e 3.2.III del citato D.M. 17.01.2018, con coefficiente topografico **T1**.

I calcoli geotecnici e strutturali saranno pertanto condotti con tale assunzione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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 equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

6. RISCHIO SISMICO

La Liguria di ponente è costantemente interessata da una modesta sismicità, anche se sono stati rari gli eventi che hanno raggiunto l’VIII-IX° di intensità. I fenomeni più significativi possono essere considerati il terremoto delle Alpi Marittime del 1564 ($M_s= 5.9$), di cui in verità non si conosce ancora molto e quello ben studiato del 23 febbraio 1887 ($M_s= 6.4$) con probabile epicentro in area marina; è poi da ricordare la sequenza del luglio 1963 con due eventi di $M_s= 5.9$.

Tra i terremoti minori possiamo ricordare l'evento del 1831, che interessò l'area più occidentale della Provincia di Imperia con intensità dell'VIII° MCS.

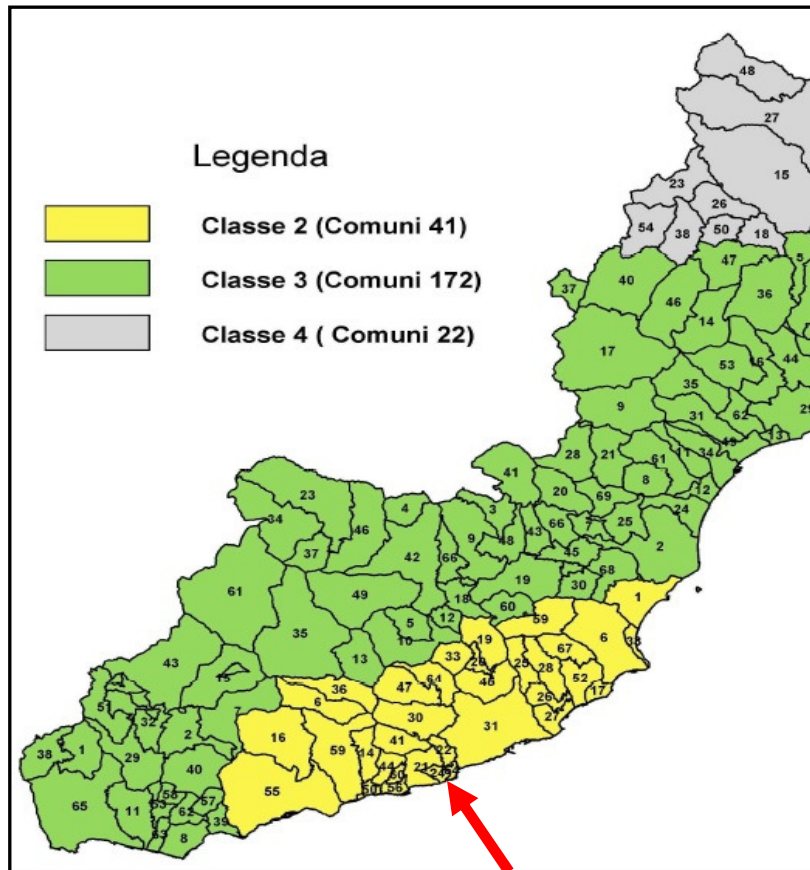
Al di fuori di quest'ultimo fenomeno, con epicentro sicuramente in terra, la maggior parte degli eventi risentiti sono da ascrivere a strutture sismogenetiche localizzate nel Mar Ligure.

Ai sensi della D.G.R. della Regione Liguria n. **1362 del 19.11.2010** "D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria", il Comune di San Lorenzo al Mare era inserito in Zona 3S. La delibera di cui sopra ridefiniva la zonizzazione sismica del territorio regionale accorpando le precedenti zone 3A e 3B (vd D.G.R. 1308 del 24.10.2008) in un'unica zona 3S.

A seguito dei recenti studi sismici della Regione Liguria e del DISTAV dell'UniGE (di cui alla **D.G.R 216 del 17.03.2017**), relativi all'analisi della pericolosità sismica regionale, il territorio ligure è stato suddiviso passando dalle due classi di pericolosità precedenti alle attuali tre classi (zona 2= media, zona 3= bassa pericolosità, zona 4= molto bassa pericolosità), riprendendo seppur con una distribuzione territoriale diversa lo scenario di pericolosità inizialmente proposto dalla mappatura nazionale dell'INGV.

In base a questa nuova classificazione per il Comune di San Lorenzo al Mare risulta il seguente quadro:

Comune:	Num. Identific.:	Num. Progress.	Zona sismica:
San Lorenzo al Mare	54	24	2 – Pga= 0,25 g



Con l'utilizzo del software freeware Geostru – PS della GeoStru, si è provveduto al calcolo dei parametri e dei coefficienti sismici fondamentali del sito in oggetto utilizzando i dati riportati in tabella e considerando le caratteristiche stratigrafiche e topografiche dell'area di intervento.

Tipo di costruzione	
Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso C_U	1
Vita di riferimento $V_R = V_N * C_U$	50 anni

Per classe d'uso II si intendono costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti

ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Categoria del suolo di fondazione: **B**

Categoria topografica (vedi tabella sotto): **T 1**

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le seguenti tabelle riportano, per le categorie individuate nel sito indagato, i valori massimi dei coefficienti di amplificazione stratigrafica (S_s) e topografica (S_t).

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_t

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_t
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

I parametri sismici sono stati determinati mediando i valori del reticolo di riferimento della pericolosità sismica (Allegato A, tab. n. 1 delle N.T.C.) in base alle coordinate geografiche della zona in esame.

Si riporta di seguito il report relativo all'elaborazione per la stabilità dei pendii e le fondazioni.

STATO LIMITE DI OPERATIVITA' SLO

PARAMETRI SISMICI		COEFFICIENTI SISMICI	
Probabilità superamento	81 %	Ss	1,200
Tr	30 anni	Cc	1,540
ag	0,027 g	St	1,000
F ₀	2,570	Kh	0,006
Tc*	0,183 s	Kv	0,003
		a _{max}	0,313 g
		Beta	0,200

STATO LIMITE DI DANNO SLD

PARAMETRI SISMICI		COEFFICIENTI SISMICI	
Probabilità superamento	63 %	Ss	1,200
Tr	50 anni	Cc	1,510
ag	0,039 g	St	1,000
F ₀	2,631	Kh	0,009
Tc*	0,208 s	Kv	0,005
		a _{max}	0,458 g
		Beta	0,200

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA SLV

PARAMETRI SISMICI		COEFFICIENTI SISMICI	
Probabilità superamento	10 %	Ss	1,200
Tr	475 anni	Cc	1,410
ag	0,150 g	St	1,000
F ₀	2,431	Kh	0,043
Tc*	0,289 s	Kv	0,022
		a _{max}	1,769 g
		Beta	0,240

STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLLASSO SLC

PARAMETRI SISMICI		COEFFICIENTI SISMICI	
Probabilità superamento	5 %	Ss	1,200
Tr	975 anni	Cc	1,390
ag	0,202 g	St	1,000
F ₀	2,471	Kh	0,068
Tc*	0,305 s	Kv	0,034
		a _{max}	2,378 g
		Beta	0,280

7. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO - UNITA' LITO – TECNICHE

I dati sulle caratteristiche geotecniche del suolo e del sottosuolo sono da intendersi come **valori medi** e derivano da precedenti esperienze, da valori bibliografici e/o da prove realizzate in aree analoghe opportunamente valutate: dall'interpretazione di tali dati con i vari software in commercio si sono ottenuti i dati (range di valori) di seguito evidenziati.

L'osservazione diretta dei terreni durante il rilevamento geologico e le ricostruzioni lito – stratigrafiche consentono la definizione di due unità litotecniche.

Nello specifico i terreni che caratterizzano la stratigrafia geologica locale sono:

- terreno superficiale/riporti antropici (profondità circa 3 metri da p.c. attuale);
- depositi alluvionali.

Terreno superficiale/riporti antropici

$\gamma = 16,5 - 18,5 \text{ kN/m}^3$ (peso di volume)

$\varphi = 24 - 27^\circ$ (angolo di attrito)

$c = 0 \text{ KPa}$ (coesione)

Depositi alluvionali

$\gamma = 17,5 - 21,5 \text{ kN/m}^3$ (peso di volume)

$\varphi = 29 - 34^\circ$ (angolo di attrito)

$c = 0 - 10 \text{ KPa}$ (coesione)

8. COMPATIBILITA' CON LA PIANIFICAZIONE DI BACINO

Le cartografie tematiche ed gli aggiornamenti del vigente Piano sono state acquisite tramite sito web www.pianidibacino.ambienteinliguria.it.

Il Piano di Bacino denominato "Torrente San Lorenzo" classifica l'area di interesse nelle seguenti categorie:

- Carta della pericolosità geologica o suscettività al dissesto: **Pg 0** a pericolosità molto bassa;
- Carta del rischio geomorfologico: **Rg 0** a rischio lieve o trascurabile;
- Carta dell'acclività: **classe 1** (0% – 10%);
- Carta delle fasce fluviali: **esterna** alle aree perfluviali inondabili per portate al colmo di piena con tempo di ritorno $T = 50, 200$ e 500 anni.

Si ricorda che per la Carta di Suscettività al dissesto il Piano riporta: "Nelle aree a **suscettività al dissesto media (P_{g2}), bassa (P_{g1}) e molto bassa (P_{g0}) si**

demanda ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione, sotto il profilo urbanistico-edilizio, di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante".

9. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

In base a quanto riportato nella presente relazione e alle risultanze dei sopralluoghi e delle indagini eseguite, dal punto di vista geologico - geomorfologico ed allo stato attuale, si ritiene fattibile il "Progetto per rete di monitoraggio idro – pluviometrica sul Torrente San Lorenzo", in Comune di San Lorenzo al Mare (IM).

Non si ravvisa, quindi, nulla di ostativo alla realizzazione dell'intervento nel rispetto di quanto espressamente specificato con la presente relazione.

Per l'esecuzione delle opere dovranno, comunque, essere rispettate alcune necessarie prescrizioni generali riportate sotto:

- attenersi alle indicazioni contenute all'interno della presente relazione;
- il sedime fondazionale, in relazione ai contenuti della **N.T.C. 2018**, può essere classificato in base agli studi condotti e illustrati nella presente, come suolo di **classe B** con coefficiente topografico **T1**;
- dovranno essere predisposti tutti gli accorgimenti tecnici possibili al fine di garantire la massima sicurezza nel cantiere;
- gli scavi con profondità maggiore di 1,5 mt dal piano campagna dovranno essere trattati come disposto al capo III punti 12,13,14 del D.P.R. 7.01.1956 n.164 e ss.mm.ii.;

-
- in caso di **ALLERTA METEO** e comunque in occasione di avverse condizioni meteorologiche, le operazioni di scavo dovranno essere rimandate o, se già iniziate, dovranno essere immediatamente sospese;
 - evitare di produrre sbancamenti non protetti per lungo tempo, proteggere lo scavo dalle acque superficiali, sub - superficiali e, in caso di maltempo, ricoprire gli scavi con teli impermeabili;
 - data la natura del terreno non si esclude la presenza di eventuali falde risalienti in occasione di intense precipitazioni e si prescrive, quindi, di verificare l'assenza d'acqua durante tutte le operazioni; in caso contrario si dovrà provvedere al suo completo allontanamento;
 - avvalersi della presenza del geologo (**D.L. geologica**) durante tutti i lavori per la verifica dello stato del terreno, delle strutture e per eventuali interventi di varianti che si dovessero rendere necessarie.

Con il rispetto delle indicazioni esecutive definite nella corrente relazione si può affermare che l'intervento a progetto **non comporterà un incremento del livello di pericolosità e non aggraverà la stabilità dell'area.**

Taggia 20/07/2019

Dott. Geol. Paolo Anfossi

ELENCO ALLEGATI

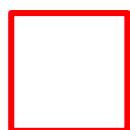
- 1) Corografia generale scala 1:25.000
- 2) Carta geologica – geomorfologica scala 1:2.000
- 3) Sezione geologica stralcio scala 1:100
- 4) Stralci da Piano di Bacino scala 1:10.000

BIBLIOGRAFIA

1. Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 Foglio Sanremo 258-271 (Giammarino e Altri, 2010) e relative Note Illustrative;
2. Piano di Bacino "Torrente San Lorenzo";
3. Relazione geologica redatta dal Geol. LIGORINI Giorgio in merito al *"Completamento della viabilità di lungo argine destro del torrente San Lorenzo, con la realizzazione di un ponte veicolare, in attuazione di un circuito di percorrenze per il decongestionamento del traffico locale con creazione di percorsi ciclo-pedonali – primo lotto"*;
4. Manuale del Geologo (Casadio – Elmi);
5. "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. – Nakamura" (1989).



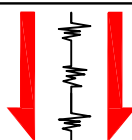
LEGENDA



Area di interesse su Tavola del P.T.C.P.
della Regione Liguria - assetto geomorfologico.

Committente:

**COMUNE DI SAN
LORENZO AL MARE**



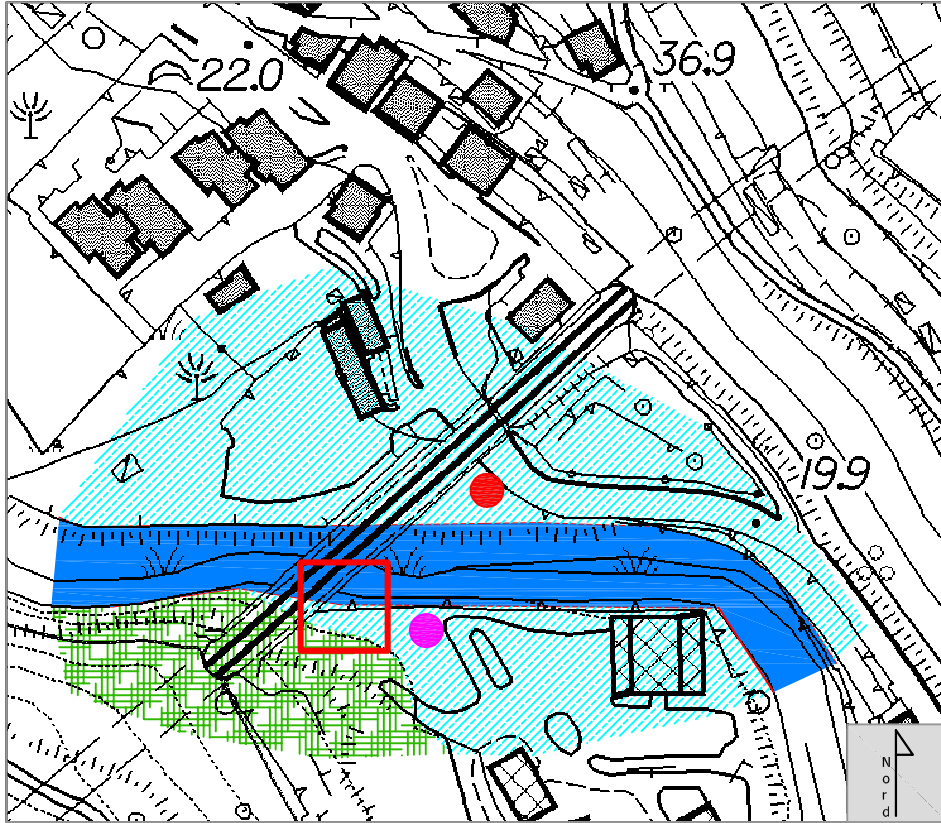
a cura di:

Anfossi Paolo

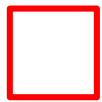
Scala:

1: 25.000

Rif:



LEGENDA



Area in esame.



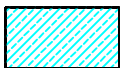
Substrato roccioso affiorante o sub - affiorante (cappellaccio), riferibile al Flysch di Sanremo (FSM4 facies di San Lorenzo).



Depositi alluvionali mobili.



Ubicazione sondaggio geognostico (campagna 2003).



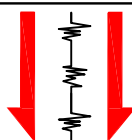
Depositi alluvionali terrazzati (bn1), con varia composizione granulometrica e con spessore variabile.



Ubicazione prova HVSR.

Committente:

**COMUNE DI SAN
LORENZO AL MARE**



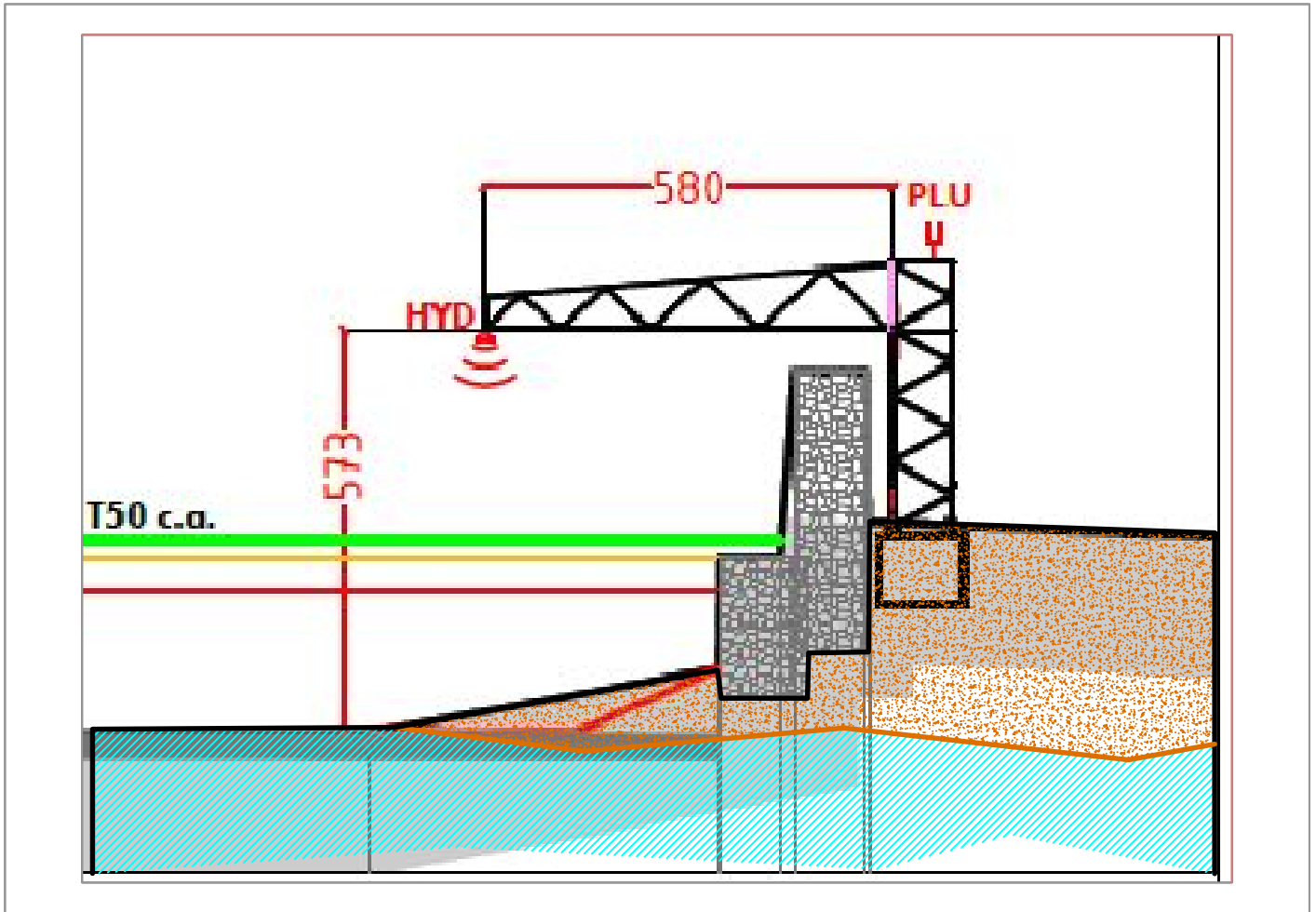
a cura di:

Anfossi Paolo

Scala:

1: 2.000

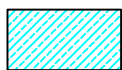
Rif:



LEGENDA



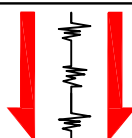
Riporti antropici (spessore circa 3 metri).



Depositi alluvionali terrazzati (bn 1) con varia composizione granulometrica.

Committente:

COMUNE DI SAN
LORENZO AL MARE



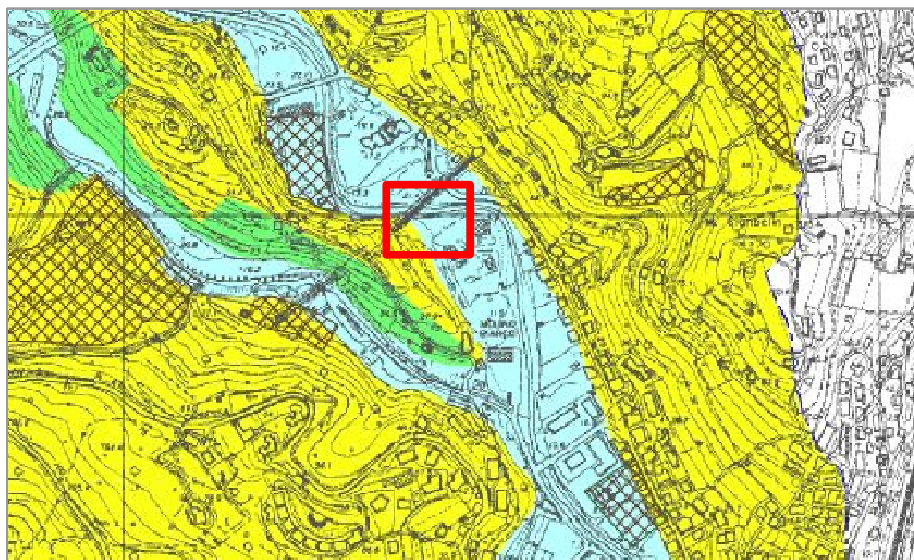
a cura di:

Anfossi Paolo

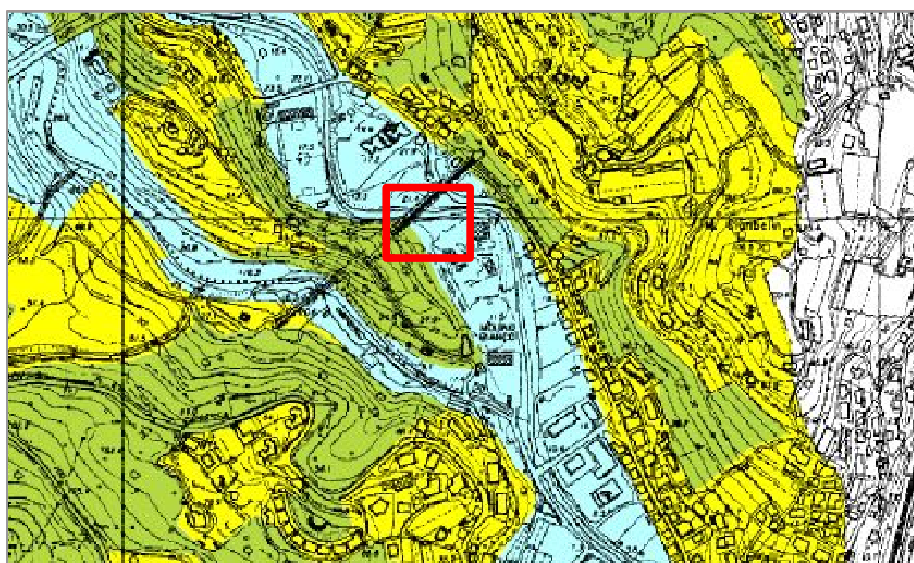
Scala:

1: 100

Rif:

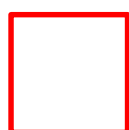


CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO: Pg 0



CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO: Rg 0

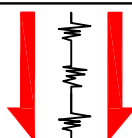
LEGENDA



Area di pertinenza.

Committente:

COMUNE DI SAN
LORENZO AL MARE



a cura di:

Anfossi Paolo

Scala:

1: 10.000

Rif: