COMUNE DI VASIA
PROVINCIA DI IMPERIA

RELAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

paolo
anfossi
09.02.2024
16:11:01
GMT+01:00



STUDIO DI GEOLOGIA dott. geol. ANFOSSI PAOLO

GEOLOGIA TECNICA - IDROGEOLOGIA - GEOFISICA

INDIRIZZO: Via Lungo Argentina G.D. Fornara n.19 -18018 Taggia (IM)

E - MAIL: anfossipaolo@libero.it **P.I.:** 01532840087 **CELL.:** 393 - 7684781

Titolo Lavoro:

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DISSESTO IDROGEOLOGICO VERSANTE A MONTE IN CORRISPONDENZA DELL'ABITATO DI PANTASINA _S.P. 40_ CUP B27C20000030001

COMMITTENTE:

Comune di VASIA
Via G.B. Ansaldo n. 7, 18020 Vasia (IM)

Data: dicembre 2022

Rif.: 004

INDICE

1. PREMESSA E OBIETTIVI DEL LAVORO……pag. 2

2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA……pag. 4

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO……pag. 6

4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE……pag. 9

5. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE……pag. 11

6. INDAGINE IN TIPOLOGIA "SISMICA PASSIVA"……pag. 12

7. RISCHIO SISMICO……pag. 24

8. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO (UNITA' LITO - TECNICHE).....pag. 27

9. COMPATIBILITA' CON LA PIANIFICAZIONE DI BACINO……pag. 28

10. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI……pag. 29

1. PREMESSA E OBIETTIVI DEL LAVORO

Lo scrivente, 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), ha ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Vasia l'incarico di redigere la corrente Relazione Geologica e Modellazione Sismica del sito, a completamento dei rilievi geologici - geomorfologici e delle indagini sismiche effettuate in merito al progetto di *"Intervento di messa in sicurezza dissesto idrogeologico versante a monte in corrispondenza dell'abitato di Pantasina _S.P. 40_ CUP B27C20000030001"*, in Comune di Vasia (IM).

Il progetto prevede la sistemazione di un tratto del rio del Prato sito nella frazione di Pantasina, nel Comune di Vasia.
L'intervento si svilupperà lungo la viabilità comunale posta a ridosso del corso d'acqua, attualmente soggetto a fenomeni di dissesto presenti lungo l'asta. Il rio è caratterizzato, inoltre, da attraversamenti assolutamente insufficienti costituiti da tubazioni di diametro variabile tra 40 e 50 cm per accesso alle proprietà limitrofe.
Le opere in progetto sono volte a ridurre le condizioni di rischio dell'area garantendo, a seguito della sistemazione del corso d'acqua nel tratto di intervento, un aumento delle condizioni di sicurezza ai fini della pubblica e privata incolumità.
Le lavorazioni consistono in:

- adeguamento delle sezioni di deflusso a monte del tratto tombinato per uno sviluppo di circa 100 metri;
- esecuzione di tre briglie a pettine per il trattenimento del materiale solido flottante e del materiale vegetale, che potrebbe causare occlusioni della tombinatura di valle;
- adeguamento delle sezioni di deflusso a valle del tratto tombinato per uno sviluppo di circa 30 metri.

Nello specifico si prevede la realizzazione di una struttura scatolare in cemento armato di larghezza netta pari a 250 cm e complessiva di 310 cm. La fondazione avrà spessore di 30 cm.
Il presente progetto si inquadra quale opera per la sistemazione ed il recupero di un tratto di rio oggetto di locali fenomeni di franamento oltreché di erosione, volta alla riduzione del rischio per le strutture insediative di valle

La corrente 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 **"Torrenti Prino Caramagna e Inferno"** - approvato dagli organi della Provincia con D.C.P. n. 17 in data 05.02.2003 e ss.mm.ii. (fino alla Variante sostanziale approvata con D.G.R. n. 1156 del 12.12.2016), 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 Vasia.

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

- ricerca bibliografica;
- rilevamento geologico - geomorfologico - idrogeologico esteso ad un intorno significativo dell'area di intervento;
- analisi della vincolistica geologica e da Piano di Bacino;
- caratterizzazione sismica dei terreni e calcolo dei parametri e dei coefficienti sismici fondamentali del sito: stima della velocità delle onde S (parametro **$Vs_{,eq}$**) mediante registrazione con metodologia "sismica passiva" per mezzo di un tromometro digitale (modello: "Theremino"), con cinque stazioni di misura;
- valutazione, in base alla stratigrafia rilevata ed al parametro **$Vs_{,eq}$**, della categoria di suolo di fondazione;
- documentazione cartografica/fotografica.

2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area interessata da questo studio costituisce un tratto dell'alveo di scorrimento del rio del Prato, in attraversamento della Strada Provinciale n. 40, nella frazione di Pantasina.

Il sito è posto a quote altimetriche che si aggirano intorno ai 425 - 450 m.s.l.m. ed occupa la porzione media di un versante esposto ad est. I caratteri paesaggistici della zona sono i tradizionali paesaggi agrari tipici del ponente ligure: i luoghi si mostrano a vocazione prettamente agricola, con presenza di fasce terrazzate e terreni per la coltivazione di tipo familiare; nelle vicinanze sono inoltre situate alcune villette ed abitazioni residenziali anche di recente costruzione.

L'area è compresa nella Sezione C.T.R. scala 1:5.000 n° 258084; più precisamente l'intervento (punto medio) è individuato dalle seguenti coordinate:

ED50 **Lat**. 43,943049 **Long**. 7,933727



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 Mantenimento
	ID MO-A	Insed. Diffuso a regime normativo di Modific. di tipo A
- Assetto Vegetazionale:	COL-ISS-MA	Colture - Insed. sparsi Serre - Mantenimento
- Assetto Geomorfologico:	MO-B	Modificabilità di tipo B

Si precisa, infine, 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).*

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nell'area di pertinenza e nelle zone limitrofe la stratigrafia, in base alle risultanze ottenute dal rilievo di campagna, dalle prove HVSR e dall'esame della cartografia tecnica, è caratterizzata da un deposito di frana antica (area cartografata in "***A1c***" su Carta geologica del progetto Carg), rappresentato da accumuli gravitativi antichi di materiale eterogeneo ed eterometrico che coinvolgono talora porzioni di substrato.
Il suolo ed il sottosuolo indagato sono quindi costituiti da un terreno agricolo e da una coltre eluvio - colluviale che sovrastano il cappellaccio di alterazione della roccia ed infine dall'ammasso roccioso flyschoide che rappresenta la base della successione stratigrafica.

- **Terreno superficiale e Coltre detritica eluvio - colluviale**

Il rilevamento geologico - geomorfologico, che ha interessato una porzione significativa di territorio sia a valle che a monte del sito in oggetto, ha mostrato un pendio caratterizzato da potenti coperture detritiche, attribuibili all'Olocene, che mascherano il substrato roccioso, che quindi non appare in affioramento.
L'origine delle coltri è eluvio - colluviale; nella loro struttura si possono assommare varie componenti come i materiali derivanti dal versante:

- *colluvium* (o sedimento colluviale), cioè il sedimento accumulato per azione combinata della gravità e del ruscellamento superficiale;
- *eluvium,* cioè lo strato di materiale sciolto e di granulometria eterogenea che copre uno strato di roccia compatta usualmente chiamato roccia madre dovuto al disfacimento e/o disgregazione degli ammassi sottostanti;
- *riporti antropici*, dovuti all'azione dell'uomo che ha modellato il paesaggio negli anni modificandone la geomorfologia originaria, come nel caso in esame, costruendo muretti a secco atti a trattenere la coltre e il suolo superficiale su cui è impostata la coltivazione agricola.

Gli elementi delle coltri detritiche naturali sono da ricercare nei materiali che caratterizzano gli ammassi rocciosi del substrato rigido della zona. Infatti è facile trovare componenti da grossolane a fini quali miscugli di sabbie, talora fini, limi con costituente argillosa da scarsa a molto abbondante, con presenza di ciottoli scagliosi arenacei, calcareo - arenacei e subordinatamente calcarei.

- **Cappellaccio**

Costituisce la parte più superficiale ed alterata dell'ammasso roccioso e rappresenta il termine di passaggio tra la coltre detritica eluvio - colluviale e la roccia. Solitamente è composto da parti di roccia fratturata e da depositi di materiali sciolti.

- **Substrato roccioso**

Il substrato geologico dell'area appartiene alla formazione del **Flysch di Sanremo - Membro di Villa Faraldi** dell'Unità tettonica Sanremo - Monte Saccarello.
L'Unità di Sanremo - Monte Saccarello è costituita, dal basso all'alto stratigrafico, di tre formazioni: Formazione di San Bartolomeo, Arenarie di Bordighera e Flysch di Sanremo.
Nel modello strutturale delle Alpi Liguri tale Unità appartiene al Dominio Piemontese - Ligure di pertinenza oceanica; insieme alle Unità di Moglio - Testico, di Borghetto d'Arroscia - Alassio e di Colla Domenica - Leverone forma la zona dei "Flysch ad Elmintoidi" della Liguria occidentale.

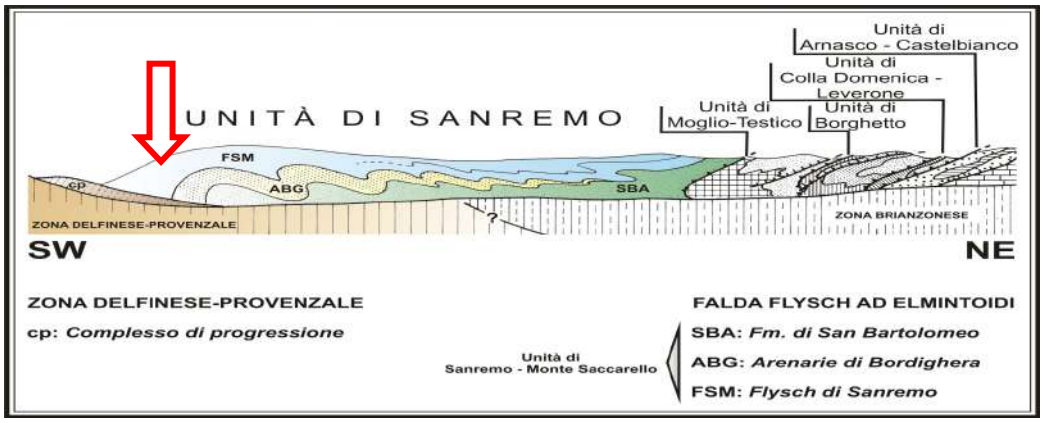


Fig.2: Sezione Unità Flyschoidi (da Vanossi et alii, 1991 - modificata).

Il Flysch di Sanremo è stato suddiviso da Sagri (1984) in quattro litofacies distinte: Litofacies A (Capo Mele), **Litofacies B (Villa Faraldi),** Litofacies C (San Michele), Litofacies D (San Lorenzo).

Nella Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 Foglio Sanremo 258 - 271 (2010) la litofacies, datata Campaniano Superiore - Maastrichtiano superiore, ed elevata al rango di Membro di Villa Faraldi, è descritta litologicamente come *"marne ed arenarie calcaree costituenti strati torbiditici….sono inoltre presenti livelli calcilutitici passanti a strati marnoso arenacei e strati arenaceo - argillitici"*.

Sono sedimenti di ambiente di piana bacinale ristretta ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati ed interessata da torbiditi marnose ed arenaceo - calcaree di zona distale rispetto all'ambiente deposizionale del "membro di Capo Mele FSM1".

I sopralluoghi, le osservazioni di campagna e le indagini Hvsr effettuate in sito hanno pertanto confermato la caratterizzazione geologica dei luoghi fornita dalla carta CARG.

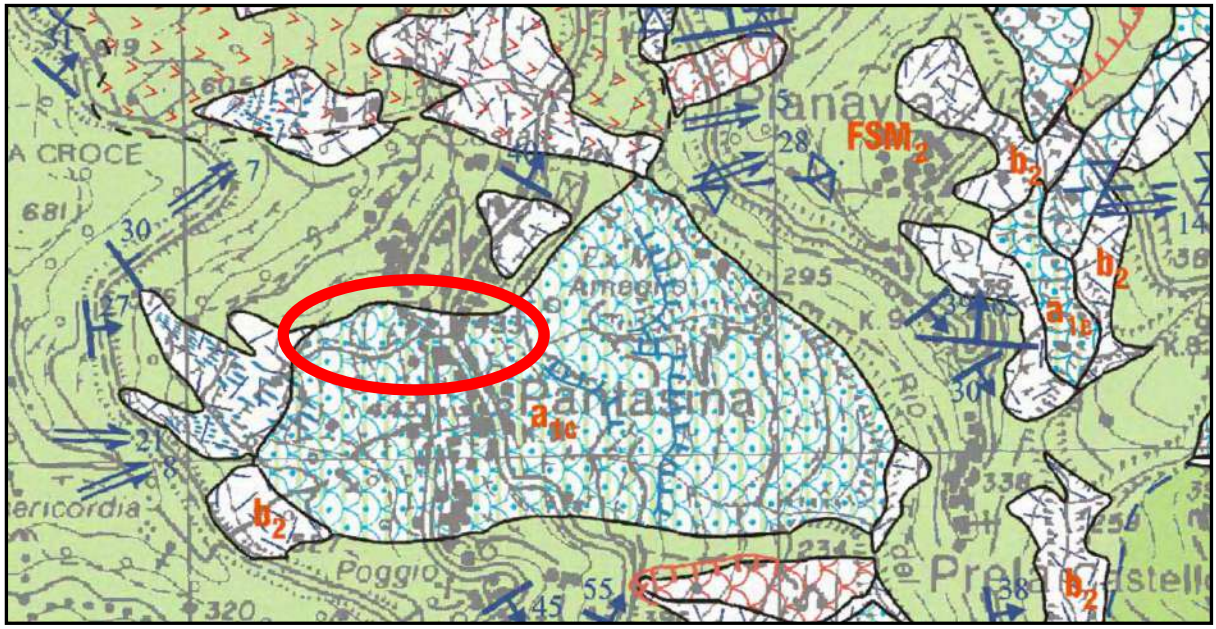


Fig.3: Stralcio carta geologica (da Progetto CARG).

4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'abitato di Pantasina è ubicato in corrispondenza di una esteso paleoaccumulo da tempo segnalato nella cartografia geologica.

La carta geologica del progetto CARG classifica tale ammasso detritico come **a_{1c} - Depositi di frana antica.** Si tratta di un accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico con possibile coinvolgimento di porzioni di substrato roccioso.

Nella medesima area l'inventario dei fenomeni franosi italiani (IFFI) delimita una estesa frana con stato di attività "relitto" (freccia rossa), accompagnata superiormente da due fenomeni gravitativi classificati come "colamento lento" in stato "quiescente generico" (frecce azzurre).

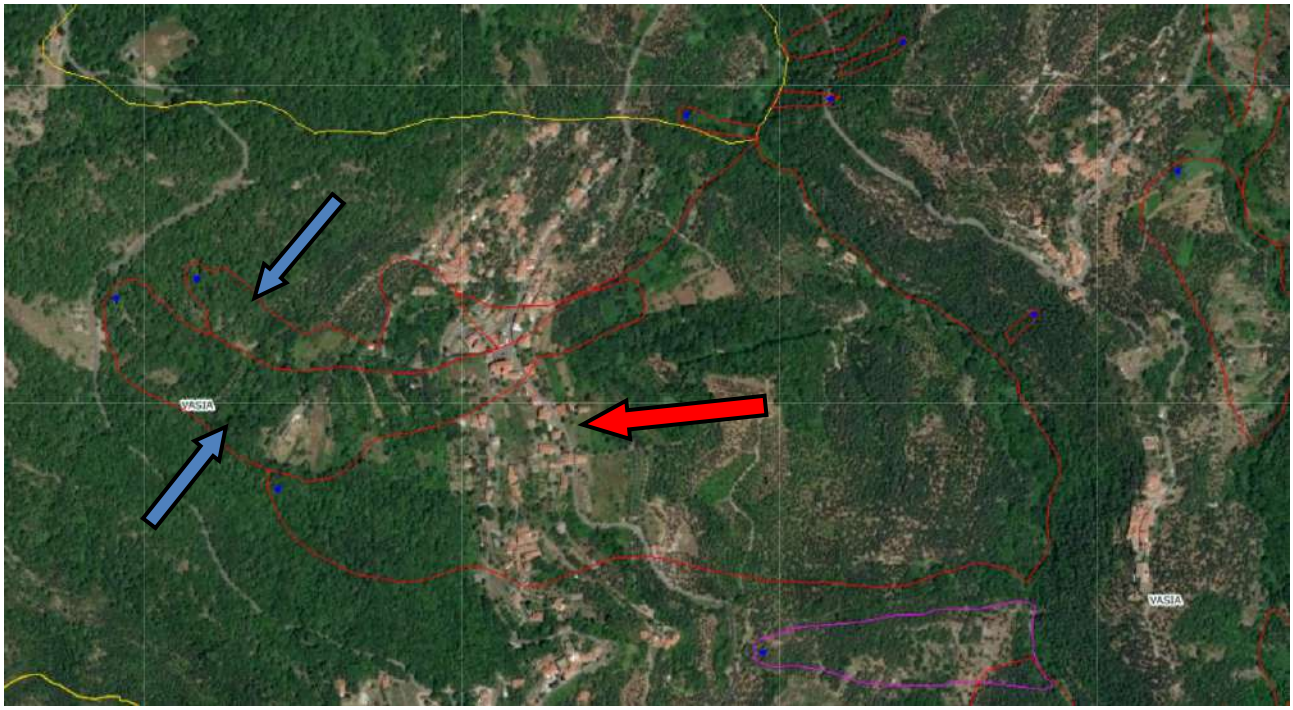


Fig.4: stralcio Carta dell'inventario dei fenomeni franosi italiani (IFFI).

L'"Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria IV. Provincia di Imperia (P.R. Federici et Alii, 2007)" propone, infine, Pantasina, unitamente ad Evigno ed a Mendatica, come "esempi spettacolari di grandi fenomeni di collasso che hanno determinato la morfologia di interi versanti".

Per il fenomeno gravitativo che interessa l'abitato di Pantasina l'Atlante utilizza la dizione di "**Grande frana relitta**", indicando con questo termine un movimento

gravitativo verificatosi nel passato in un contesto morfotettonico, sismico e climatico differente da quello attuale.

Movimenti verticali neotettonici, intensità dei sismi maggiore di quella attuale, persistenza di periodi di intensa denudazione dei versanti in condizioni periglaciali capaci di provocare una enorme detrizione del substrato, sono alcune delle cause che possono aver determinato lo sviluppo nel passato di un movimento gravitativo così imponente.

Ciò non impedisce, comunque, che frane di dimensioni più limitate possano svilupparsi attualmente all'interno della grande frana relitta di Pantasina, come risposta ad una morfodinamica più moderata rispetto a quella che ha originato la grande frana del passato.

Piogge intense e prolungate, con imbibizione delle coltri detritiche costituenti l'ammasso franoso relitto, ed il conseguente sviluppo dell'erosione lineare nel reticolo idrografico superficiale, possono provocare dissesti certo più contenuti rispetto al passato ma pericolosi e dannosi per il centro abitato che si è sviluppato sul corpo della grande frana relitta di Pantasina.

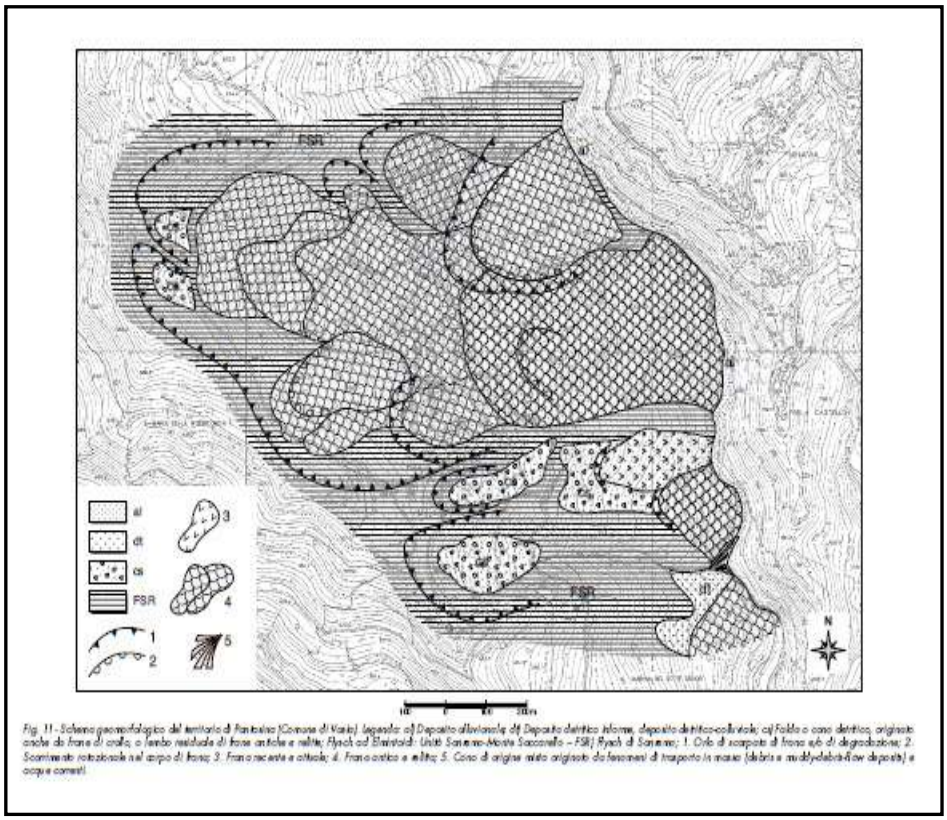


Fig. 11 - Schema geomorfologico del territorio di Pantasina (Comune di Varese Ligure): a) Deposito alluvionale; d) Deposito detritico-eluviale; co) Falda o cono detritico, originato anche da frane di crollo; o lembo residuale di frane antiche e relitte; Flysch ad Elmintoidi: Unità Sanremo-Monte Saccarello – FSR(Flysch di Sanremo); 1. Orlo di scarpata di frana e/o di degradazione; 2. Scarpata rotazionale nel corpo di frana; 3. Frana recente e attuale; 4. Frana antica e relitta; 5. Conoidi di origine mista originati da fenomeni di trasporto in massa (debris e mud/debris-flow deposits) e acque correnti.

Fig. 5: rilevamento geomorfologico abitato di Pantasina
(Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria).

In una tale situazione di propensione al dissesto interessante un centro abitato pare opportuno intervenire, a mitigazione del rischio idrogeologico, con soluzioni volte alla regimazione delle acque superficiali, atte ad impedire fenomeni di accelerazione dell'erosione lineare e di infiltrazione incontrollata in profondità.
Per il reticolo idrografico interessante la grande frana relitta di Pantasina possono quindi essere utili sistemazioni a "cunettone", allo scopo di proteggere dall'erosione laterale e di fondo gli alvei torrentizi, limitare l'infiltrazione delle acque e ottenere un incremento della velocità idraulica, riducendo il deposito di detriti e il rischio di straripamento nel centro abitato.
In tutto questo tratto il fondo del torrente sarà pertanto plateato al fine di limitare l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.
Si precisa che tale accorgimento tecnico è necessario per limitare l'ingresso delle acque nel corpo della paleofrana.

5. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Il Rio del Prato, a fronte di una superficie di drenaggio complessiva di circa 0.24 kmq alla confluenza con il ramo successivo, appartiene al reticolo idrografico di **terzo livello**, secondo la classificazione proposta dal Regolamento Regionale 3/2011 e s.m.i..
La zona studiata ricade in un ambito non indagato delle aree perifluviali inondabili così come evidenziato sulla tavola del vigente Piano di Bacino: l'intervento si svilupperà lungo una viabilità comunale posta a ridosso del corso d'acqua.
Il rio defluisce infatti in un alveo debolmente inciso costituito da un sedime fortemente alterato. Le sponde sono costituite al più da scarpate in terra in parte erose ed in alcuni tratti da murature in cemento armato o pietra e cemento.
Nello specifico il tratto di torrente presenta difese spondali assestate o escavate, con deposito del materiale in alveo oltre a locali ostruzioni legate al materiale stesso.
Pertanto la finalità della progettazione è la regimazione, in conformità alle norme vigenti, di circa 100 metri di corso d'acqua a monte della tombinatura con opere di

stabilizzazione delle sponde, adeguando il sedime del rio e realizzando interventi volti a limitare il trasporto solido verso la foce del torrente. Le scelte progettuali sono state improntate a:

- pulizia del corso d'acqua e rimozione delle alberature interferenti con le opere di adeguamento del corso d'acqua;
- demolizione degli attraversamenti esistenti;
- ripristino della funzionalità del corso d'acqua, aumentandone l'officiosità, che negli anni aveva portato ad un decremento della sezione di deflusso in ragione della presenza di strutture antropiche presenti in alveo;
- realizzazione di interventi volti a limitare il trasporto solido flottante, al fine di aumentare le condizioni di sicurezza di una struttura sottodimensionata in riferimento alle vigenti normative del Piano di Bacino.

Le potenti coltri detritiche presenti in loco sono permeabili *"per porosità"*, con un coefficiente di permeabilità k, data la presenza di matrice prevalentemente sabbioso - limoso, compreso tra 10^{-5} e 10^{-8} m/s..
La litologia rocciosa risulta permeabile principalmente *"per fratturazione"* in misura variabile e dipendente dalla costituzione litologica dei litotipi presenti nella formazione; i livelli marnosi e argillitici, meno permeabili, tendono localmente, se di sensibile spessore, a suddividere l'acquifero roccioso in sistemi idrogeologici indipendenti.
Le parti urbanizzate (strade, parcheggi, case di civile abitazione, ecc.) sono da considerare come impermeabili e si trovano per lo più nella zona a valle del primo tratto del Rio del Prato che sarà interessato dagli interventi in progetto.

6. INDAGINE IN TIPOLOGIA "SISMICA PASSIVA"

Per acquisire una più dettagliata conoscenza del sottosuolo in questione è stata eseguita un'indagine geofisica in tipologia "sismica passiva".

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 $Vs_{,eq}$** 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 Vs 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 rifrattore/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 $Vs_{,eq}$ 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.

Sono state eseguite cinque stazioni di misura all'interno del sito indagato: la tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizzontal 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.

Si ricorda, infine, che l'interpretazione dei risultati, ovvero sia le profondità che le velocità, viene effettuata con un margine di incertezza che si somma all'errore insito proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al **10 - 15%**.

Le grandezze citate sono legate dall'equazione:

$$f_r = \frac{Vs1}{4H}$$

f_r = frequenza fondamentale di risonanza;

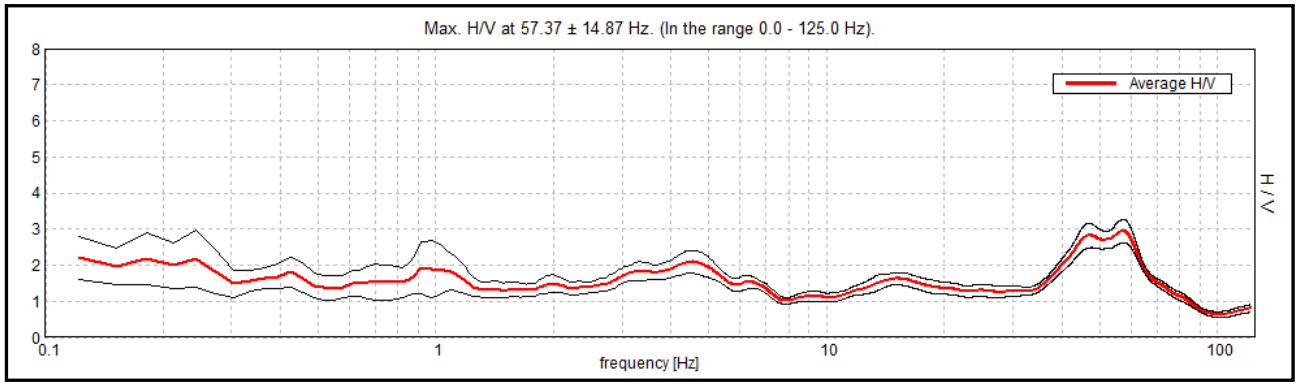
H = spessore del primo strato;

Vs1 = velocità onde S del primo strato

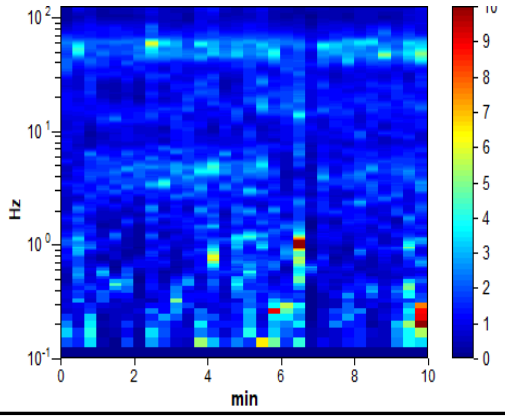
Si riportano di seguito i grafici delle prove più rappresentative svolte in sito

PROVA HVSR - THEREMINO 2

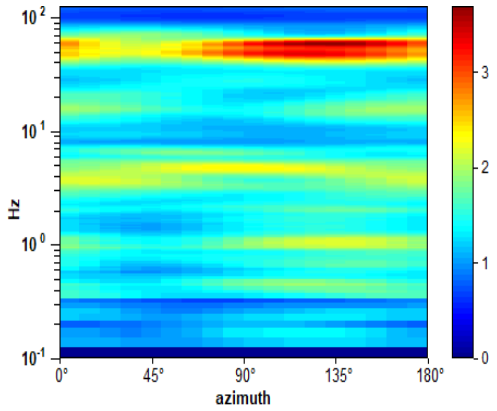
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



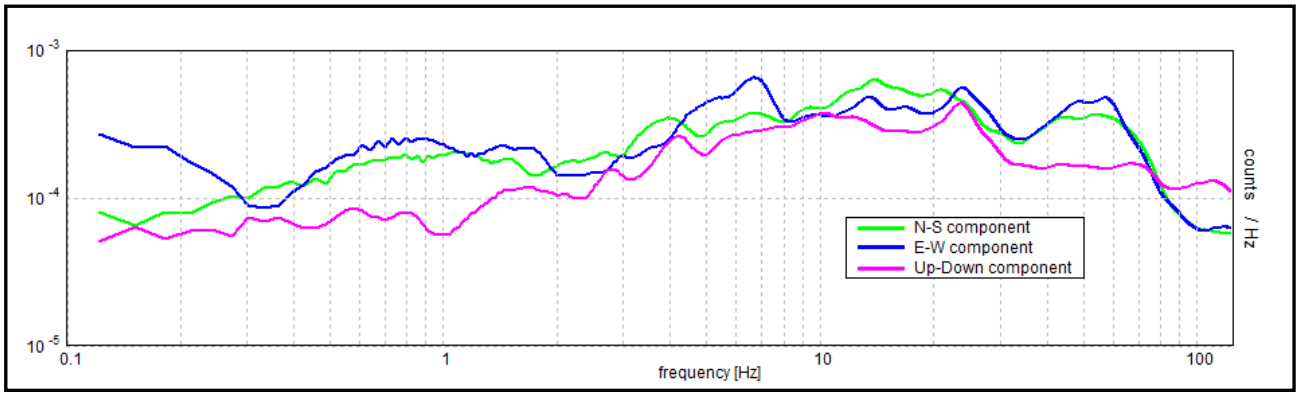
SERIE TEMPORALE H/V



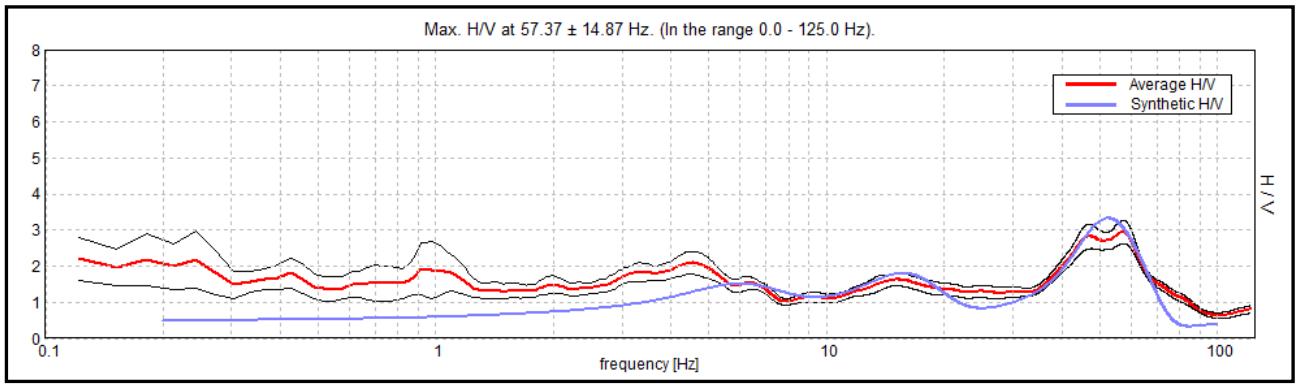
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



PROVA SISMICA HVSR THEREMINO 2 (NTC 2018)

- **Vs (eq.) = 535 m/s (da quota progetto: circa - 1,5 metri da p.c.).**

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Descrizione
0.68	0.68	135	Terreno superficiale
5.39	4.71	321	Coltre detritica
25.99	20.60	612	Ammasso roccioso localmente fratturato
inf.	inf.	940	Substrato roccioso sano (bedrock sismico)

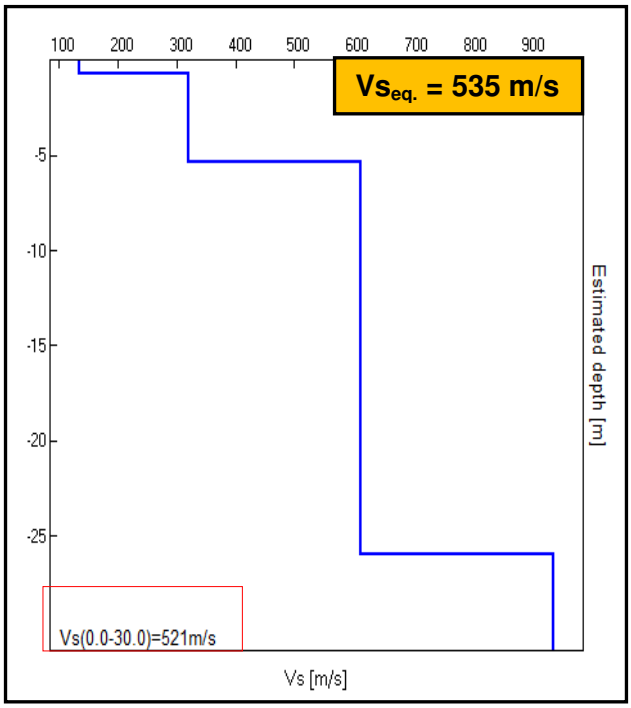
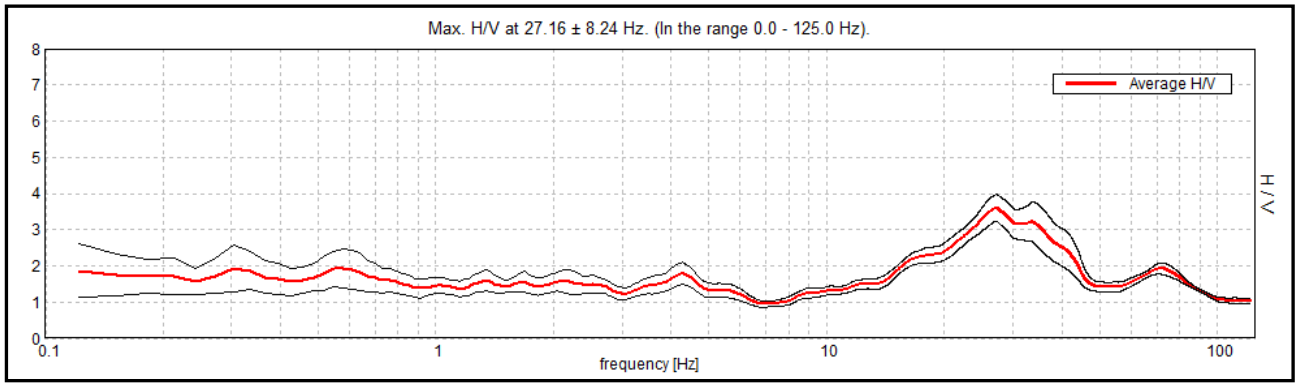
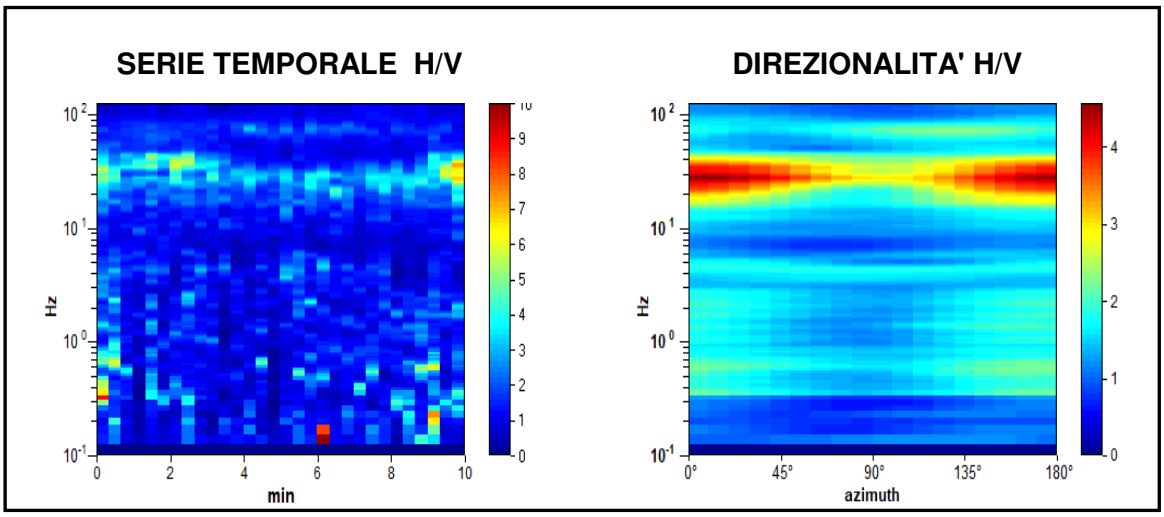


Fig. 11: diagramma velocità - profondità.

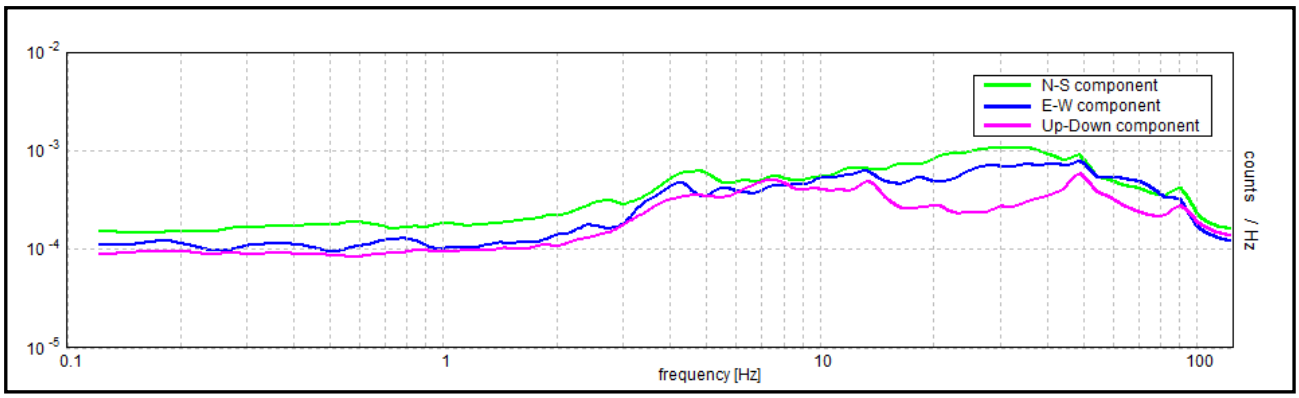
PROVA HVSR - THEREMINO 3

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

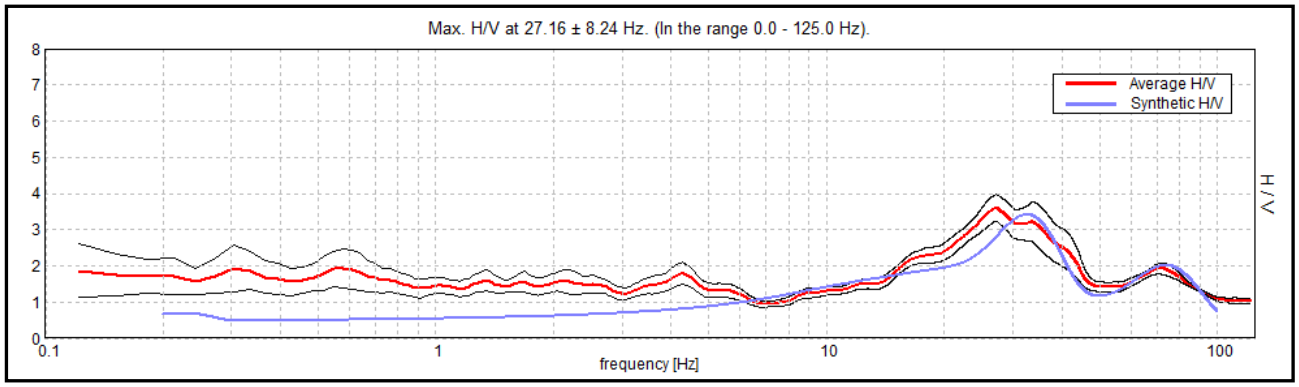




SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



PROVA SISMICA HVSR THEREMINO 3 (NTC 2018)

- **Vs (eq.) = 494 m/s (da quota progetto: circa - 1,5 metri da p.c.).**

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Descrizione
0.43	0.43	119	Terreno superficiale
2.24	1.81	258	Coltre detritica
9.01	6.77	549	Coltre compatta/Cappellaccio
23.51	14.50	823	Substrato roccioso sano (bedrock sismico)
inf.	inf.	942	

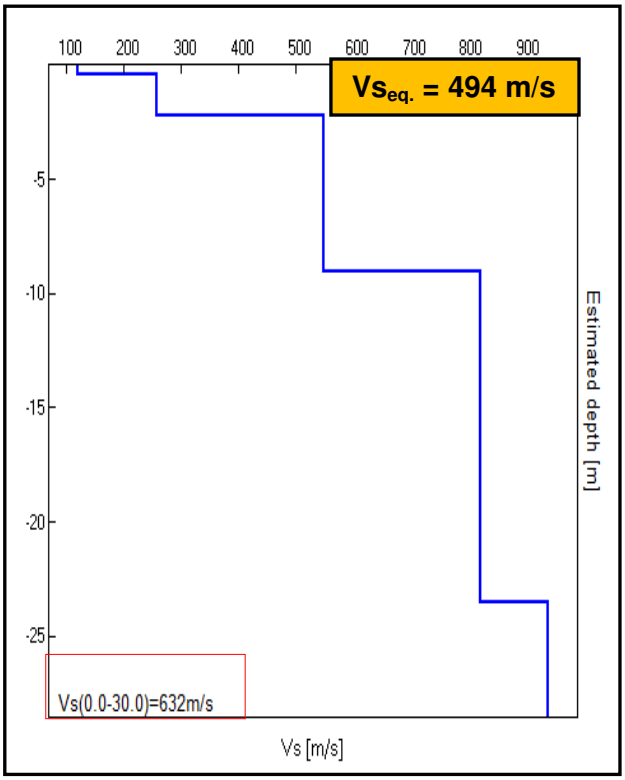
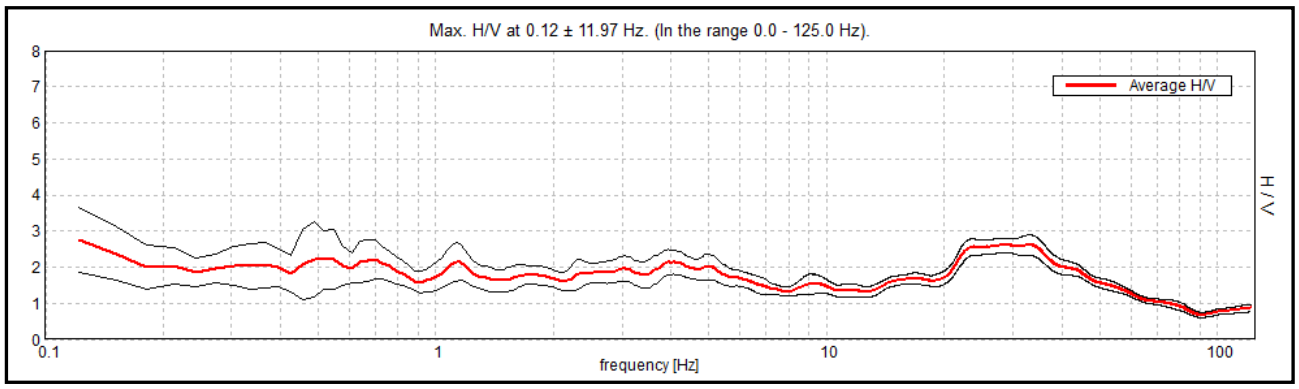


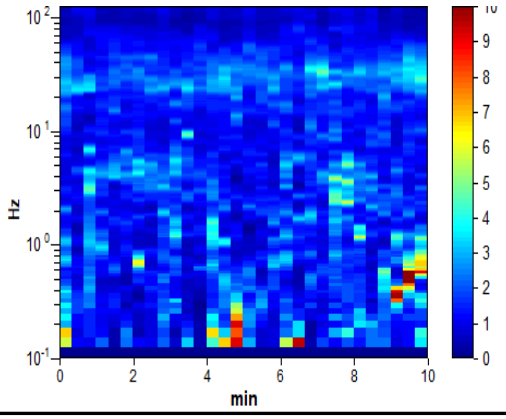
Fig. 17: diagramma velocità - profondità.

PROVA HVSR - THEREMINO 5

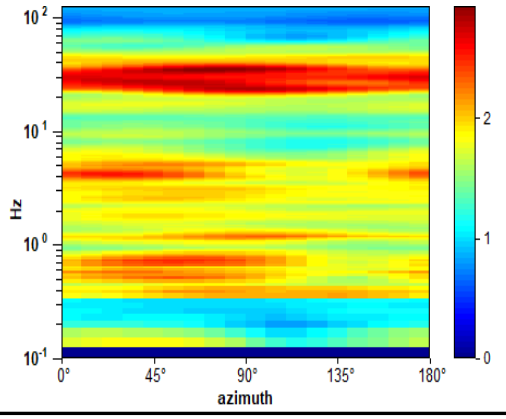
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



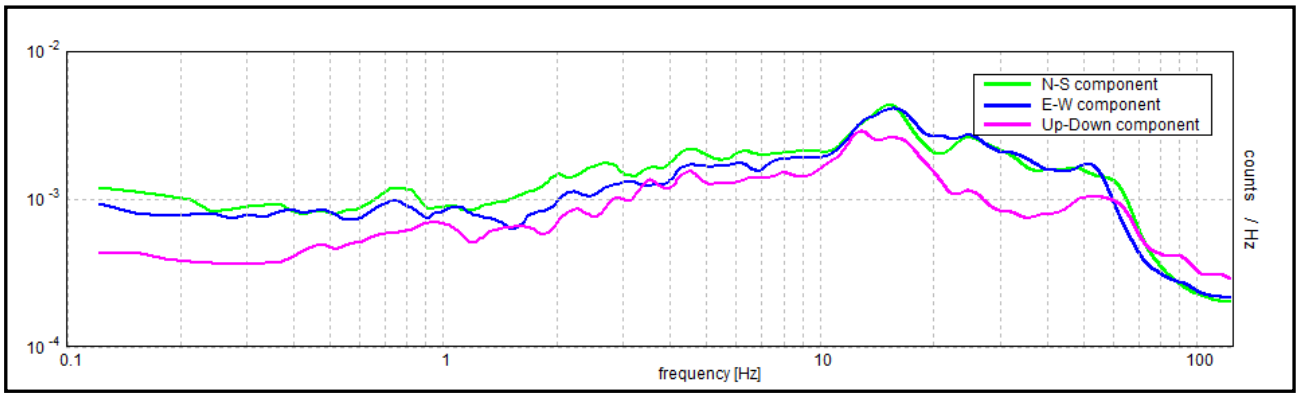
SERIE TEMPORALE H/V



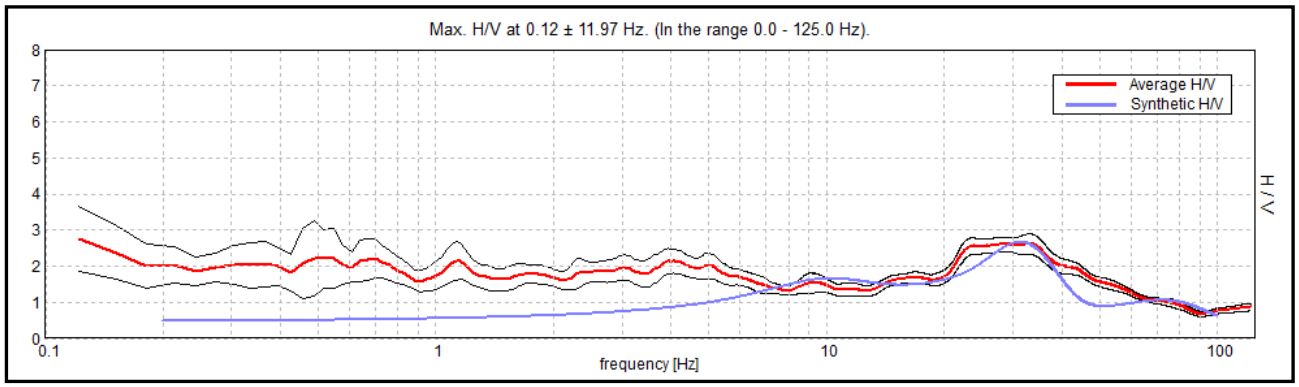
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



PROVA SISMICA HVSR THEREMINO 5 (NTC 2018)

- **Vs (eq.) = 505 m/s (da quota progetto: circa - 1,5 metri da p.c.).**

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Descrizione
0.46	0.46	132	Terreno superficiale
2.05	1.59	233	Coltre detritica
8.15	6.10	462	Coltre compatta/Cappellaccio
18.03	9.88	643	Ammasso roccioso localmente fratturato
inf.	inf.	863	Substrato roccioso sano (bedrock sismico)

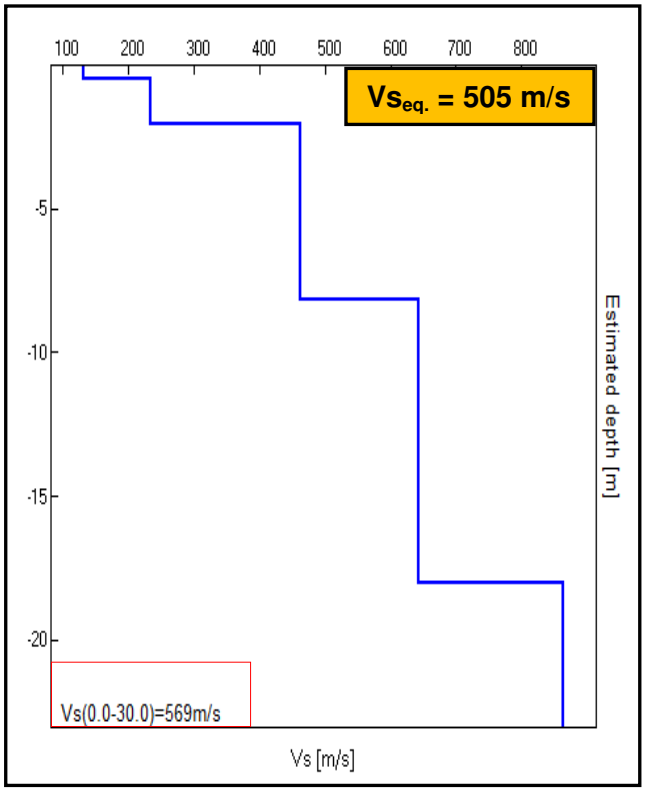


Fig. 23: diagramma velocità - profondità.

PRINCIPALI NOTE TECNICHE DEL THEREMINO
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

Dall'elaborazione delle prove sismiche effettuate in sito è stato possibile pertanto estrapolare la seguente stratigrafia:

STRATIGRAFIA SEZIONI 1A - 6

- Strato 1: Terreno superficiale (da p.c. fino a circa 0,7 metri);
- Strato 2: Coltre detritica (da circa 0,7 metri fino a circa 5,0 - 5,5 metri);
- Strato 3: Ammasso roccioso localmente fratturato (da circa 5,0 - 5,5 metri fino a circa 26,0 metri);
- Strato 4: Ammasso roccioso competente.

STRATIGRAFIA AREA PIAZZA DEL DUOMO

- Strato 1: Terreno superficiale (da p.c. fino a circa 0,5 metri);
- Strato 2: Coltre detritica (da circa 0,5 metri fino a circa 2,0 - 2,5 metri);
- Strato 3: Coltre compatta/cappellaccio (da circa 2,0 - 2,5 metri fino a circa 9,0 metri);
- Ammasso sano.

STRATIGRAFIA AREA VALLE PIAZZA DEL DUOMO

- Strato 1: Terreno superficiale (da p.c. fino a circa 0,5 metri);
- Strato 2: Coltre detritica (da circa 0,5 metri fino a circa 2,0 metri);

- Strato 3: Coltre compatta/cappellaccio (da circa 2,0 metri fino a circa 8,0 metri);
- Strato 4: Ammasso roccioso localmente fratturato (da circa 8,0 metri fino a circa 18,0 metri);
- Ammasso sano.

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.

TIPOLOGIA PROVA	Vs (eq.)	CATEGORIA SUOLO (- 1,5 m. da p.c. attuale)
Hvsr 2	535 m/s	B
Hvsr 3	494 m/s	B
Hvsr 5	505 m/s	B

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 **T2**.

I calcoli geotecnici e strutturali saranno condotti con tale assunzione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*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.
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.
C	*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.
D	*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.
E	*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.

Si sottolinea, infine, che le N.T.C. 2018 al capitolo 7.11.3.4 *"Stabilità nei confronti della liquefazione"*, riportano una circolare che specifica: *"La resistenza ciclica alla liquefazione, CRR, può essere valutata da prove cicliche di laboratorio o da correlazioni empiriche basate su risultati di prove e di misure in sito. La verifica è effettuata utilizzando abachi di letteratura che riportano, in ordinata, la sollecitazione ciclica CSR e in ascissa una proprietà del terreno stimata dalle prove in sito* (**ad esempio da prove penetrometriche statiche o dinamiche o da misure in sito della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs**)".

Tenuto dei valori delle Vs dei vari strati presenti nel sottosuolo (tolto i primi livelli superficiali) con velocità di Vs > 250 - 300 m/s, si esclude la presenza di orizzonti sabbiosi poco addensati sotto falda suscettibili di liquefazione.

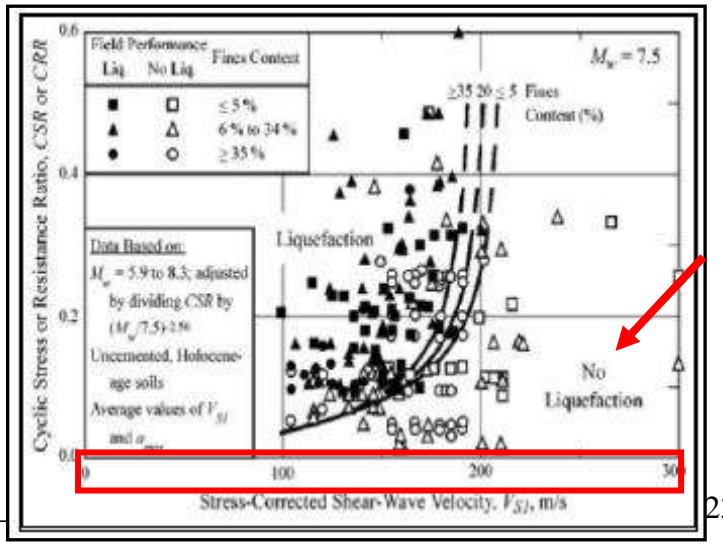
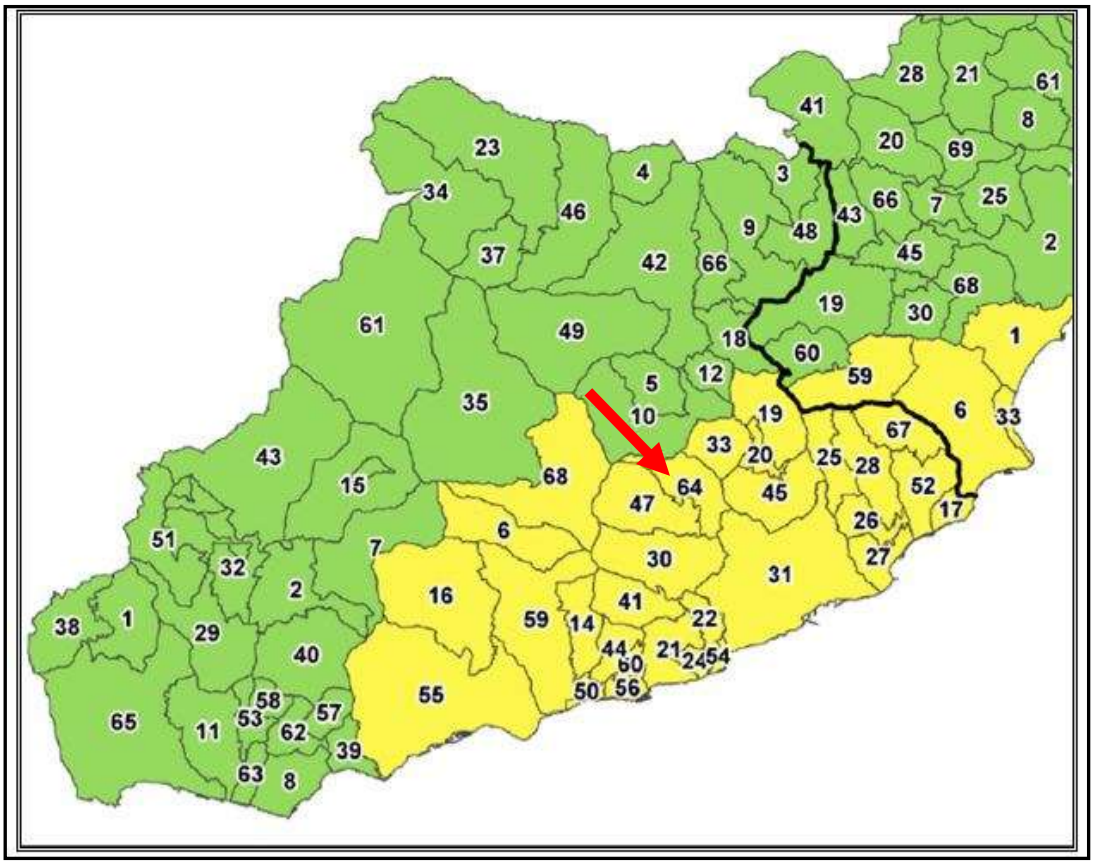


Fig.24: correlazione fra la velocità velocità corretta delle onde S e la liquefazione.

7. 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 ascriversi 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 **VASIA** 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 Vasia risulta il seguente quadro:

Comune:	Num. Identific.:	Num. Progress.	Zona sismica:
Vasia	64	29	2 - Pga= 0,25 g



Con l'uso 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

Le opere previste in progetto ricadono in classe d'uso II

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): **T2**

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

Le seguenti tabelle riportano, per le categorie individuate nel sito esaminato, 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	$1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,80 \cdot$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

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.

I parametri ed i coefficienti sismici fondamentali relativi al sito in oggetto sono riportati in allegato.

8. 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.
Sulla base dell'analisi critica dei risultati delle sismiche eseguite in campagna e tenuto conto di quanto consultato in bibliografia specializzata, si riportano di seguito i parametri geotecnici "medi" degli strati riconosciuti.
L'osservazione diretta dei terreni durante il rilevamento geologico e le ricostruzioni lito - stratigrafiche consentono la definizione di quattro unità litotecniche.
Nello specifico i terreni che caratterizzano la stratigrafia geologica locale sono:

Terreno superficiale

γ = 15,5 - 16,5 kN/m^3 (peso di volume)
φ = 24 - 26° (angolo di attrito)
c = 0 KPa (coesione)

Coltre detritica

γ = 16,5 - 17,5 kN/m^3 (peso di volume)
φ = 26 - 28° (angolo di attrito)
c = 0 - 3 KPa (coesione)

Coltre compatta/Cappellaccio

γ = 17,5 - 19,5 kN/m^3 (peso di volume)
φ = 27 - 33° (angolo di attrito)
c = 5 - 15 KPa (coesione)

Ammasso roccioso

γ = 19,5 - 22,5 kN/m^3 (peso di volume)
φ = 34 - 36° (angolo di attrito)
c = 20 - 55 KPa (coesione)

9. 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 **"Torrenti Prino Caramagna e Inferno"** classifica l'area di interesse nelle seguenti categorie:

- Carta della pericolosità geologica o suscettività al dissesto: **Pg 2** a pericolosità e suscettività media;
- Carta del rischio geomorfologico: **Rg 0 - Rg 2** a rischio lieve o trascurabile - medio;
- Carta dell'acclività: **classe 3** (20% - 35%);
- Carta delle fasce fluviali: zona delle aree perifluviali inondabili per portate al colmo di piena con tempo di ritorno T = 50, 200 e 500 anni - **non indagata**.

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".

L'esame delle cartografie di sintesi del Piano di Bacino per l'ambito in esame permette di verificare la conformità degli interventi alla normativa.

10. 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 di *"Intervento di messa in sicurezza dissesto idrogeologico versante a monte in corrispondenza dell'abitato di Pantasina _S.P. 40_ CUP B27C20000030001"*, in Comune di Vasia (IM).
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 delle **N.T.C. 2018**, può essere classificato in base agli studi condotti e illustrati nella presente, come suolo di **classe B** con coefficiente topografico **T2**; si esclude, con i dati in possesso, che i terreni rilevati nell'area d'indagine e che accoglieranno le opere a progetto siano potenzialmente soggetti a liquefazione;
- 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;
- l'intervento in oggetto non rientra per quanto è stato possibile desumere da osservazioni visive ed olfattive, all'interno di siti di produzione con potenziale inquinamento del suolo superficiale, di siti di produzione interessati da attività potenzialmente contaminanti o di affioramenti delle Pietre verdi, così come definiti dalla normativa di riferimento;
- 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 03/12/2022

Dott. Geol. Paolo Anfossi

ELENCO ALLEGATI

Report Geostru - Parametri sismici

1) Corografia generale scala 1:25.000
2) Carta geologica - geomorfologica scala 1:2.000
3) Stralci da Piano di Bacino scala 1:10.000
4) Ubicazione Indagini/Immagini fotografiche
5) Sezione geologica stralcio scala 1:100

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 "Torrenti Prino Caramagna e Inferno";
3. Manuale del Geologo (Casadio - Elmi);
4. "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. - Nakamura" (1989).

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii Muro rigido: 0

Sito in esame

latitudine:	43,943049	longitudine:	7,933727
Classe:	2	Vita nominale:	50

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B	Categoria topografica:	T2
Periodo di riferimento:	50 anni	Coefficiente cu:	1

Operatività (SLO):		**Danno (SLD):**	
Probabilità di superamento:	81 %	Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	30 [anni]	Tr:	50 [anni]
ag:	0,029 g	ag:	0,042 g
Fo:	2,589	Fo:	2,618
Tc*:	0,183 [s]	Tc*:	0,216 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):		**Prevenzione dal collasso (SLC):**	
Probabilità di superamento:	10 %	Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	475 [anni]	Tr:	975[anni]
ag:	0,158 g	ag:	0,212 g
Fo:	2,431	Fo:	2,473
Tc*:	0,292 [s]	Tc*:	0,307 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:				**SLD:**			
Ss:	1,200	Cc:	1,550	Ss:	1,200	Cc:	1,490
St:	1,200	Kh:	0,008	St:	1,200	Kh:	0,012
Kv:	0,004	Amax:	0,405	Kv:	0,006	Amax:	0,588
Beta:	0,200			Beta:	0,200		
SLV:				**SLC:**			
Ss:	1,200	Cc:	1,410	Ss:	1,190	Cc:	1,390
St:	1,200	Kh:	0,055	St:	1,200	Kh:	0,085
Kv:	0,027	Amax:	2,228	Kv:	0,042	Amax:	2,962
Beta:	0,240			Beta:	0,280		

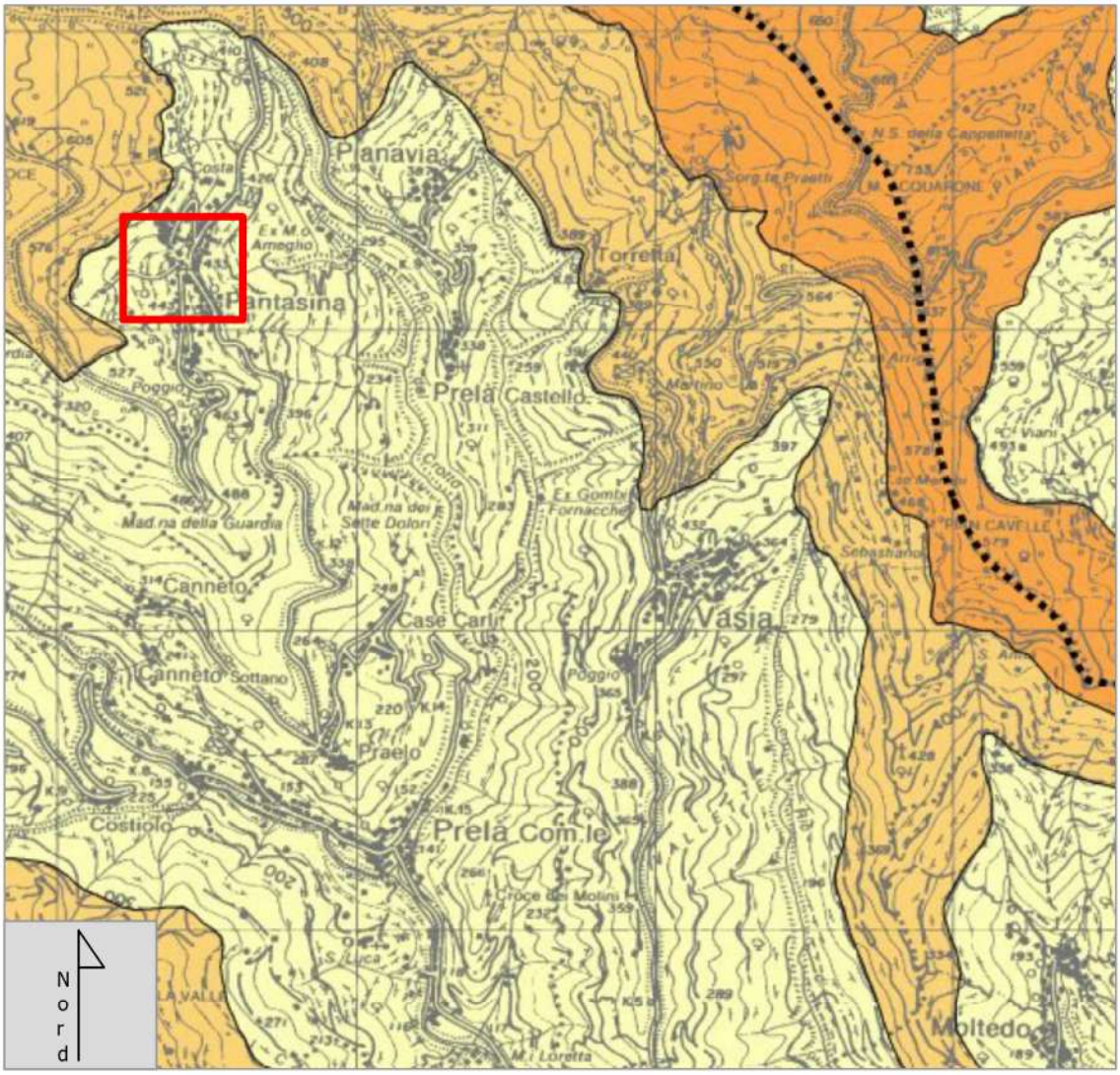
Titolo Tavola:

COROGRAFIA GENERALE

TAV. 1

Titolo Lavoro:

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DISSESTO IDROGEOLOGICO VERSANTE A MONTE IN CORRISPONDENZA DELL'ABITATO DI PANTASINA _S.P. 40_ CUP B27C20000030001



LEGENDA

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

Committente:		a cura di:	Scala:
Comune di VASIA		Anfossi Paolo	1: 25.000
			Rif: 004

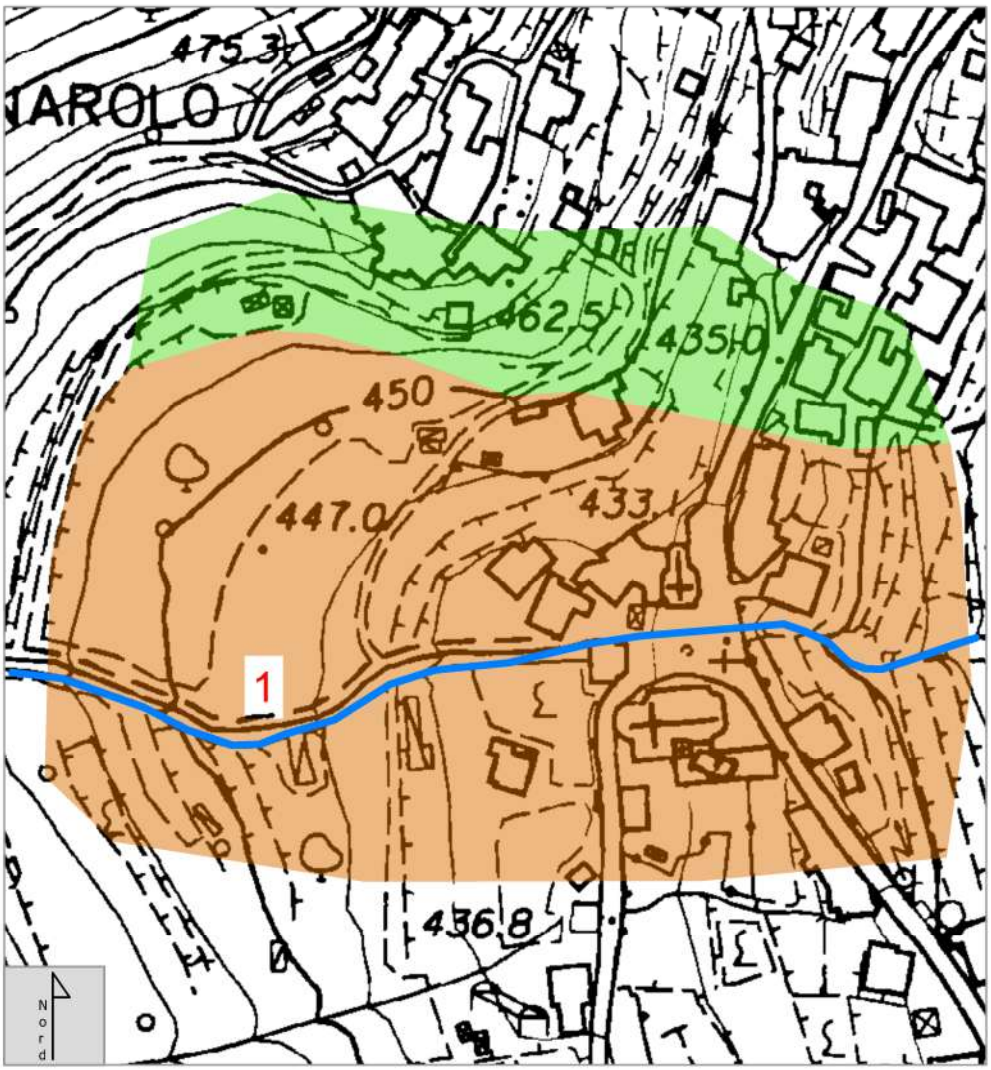
Titolo Tavola:

CARTA GEOLOGICA - GEOMORFOLOGICA

TAV. 2

Titolo Lavoro:

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DISSESTO IDROGEOLOGICO VERSANTE A MONTE IN CORRISPONDENZA DELL'ABITATO DI PANTASINA _S.P. 40_ CUP B27C20000030001



LEGENDA

1 — Area di progetto: reticolo idrografico con ordine di gerarchizzazione secondo Strahler.

Coltre detritica di versante (eluvio - colluviale) con spessore superiore ai tre metri - area cartografata in A1c "Depositi di frana antica" su Carta geologica progetto CARG.

Substrato roccioso affiorante o sub - affiorante, riferibile al Flysch di Sanremo (Membro di Villa Faraldi). Presenza di locali coperture detritiche con debole spessore.

Committente:		a cura di:	Scala:
Comune di VASIA		Anfossi Paolo	1: 2.000
			Rif: 004

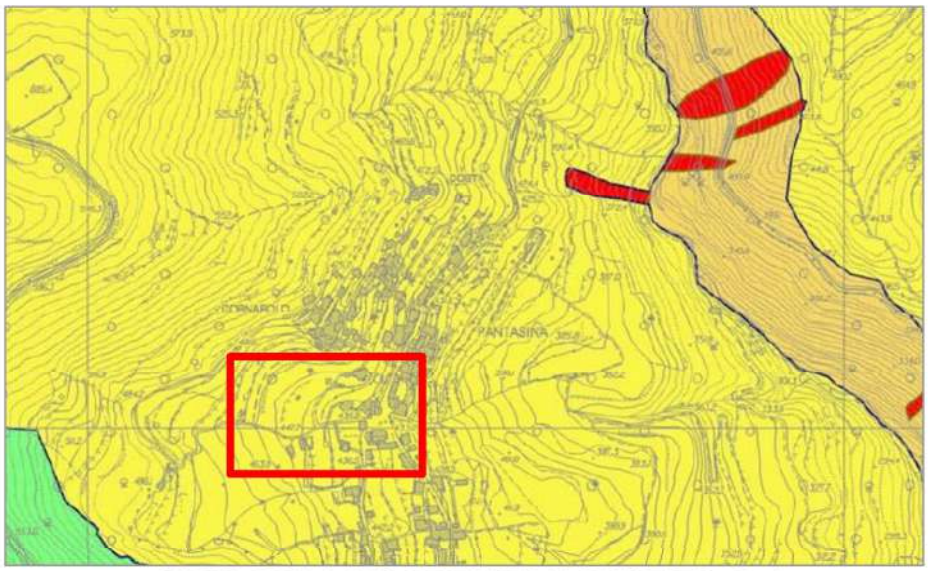
Titolo Tavola:

STRALCI DA PIANO DI BACINO

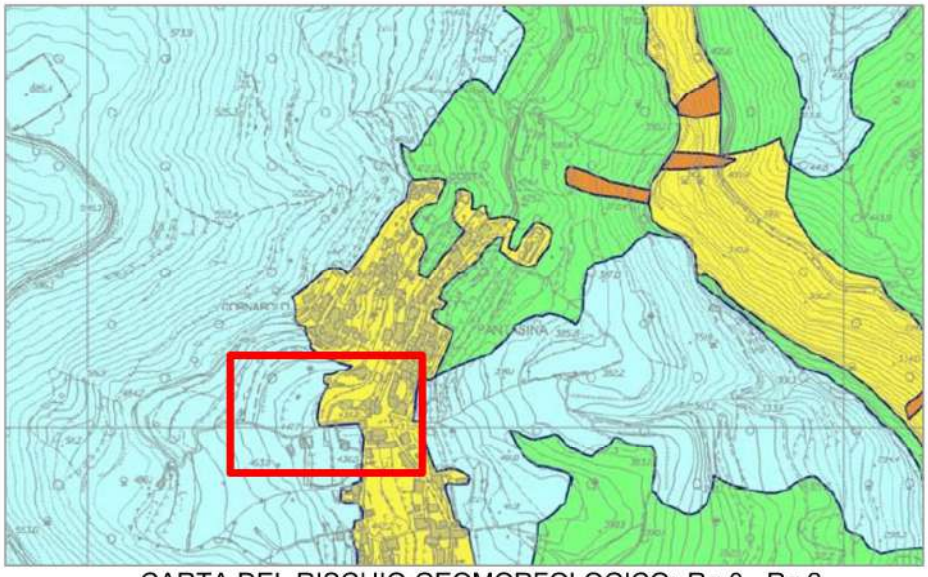
TAV. 3

Titolo Lavoro:

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DISSESTO IDROGEOLOGICO VERSANTE A MONTE IN CORRISPONDENZA DELL'ABITATO DI PANTASINA _S.P. 40_ CUP B27C20000030001



CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO: Pg 2



CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO: Rg 0 - Rg 2

LEGENDA

Area di pertinenza.

Committente:		a cura di:	Scala:
Comune di VASIA		Anfossi Paolo	1: 10.000
			Rif: 004

Committente:		a cura di:	Scala:	Titolo Tavola:	TAV. 4
Comune di VASIA		Anfossi Paolo	Rif: 004	**UBICAZIONE INDAGINI IMMAGINI FOTOGRAFICHE**	

Titolo Lavoro:

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DISSESTO IDROGEOLOGICO VERSANTE A MONTE IN CORRISPONDENZA DELL'ABITATO DI PANTASINA _S.P. 40_ CUP B27C20000030001

LEGENDA

S_p (1)

Tromometro Triassiale (Theremino) con numero di riferimento.









Titolo Tavola:

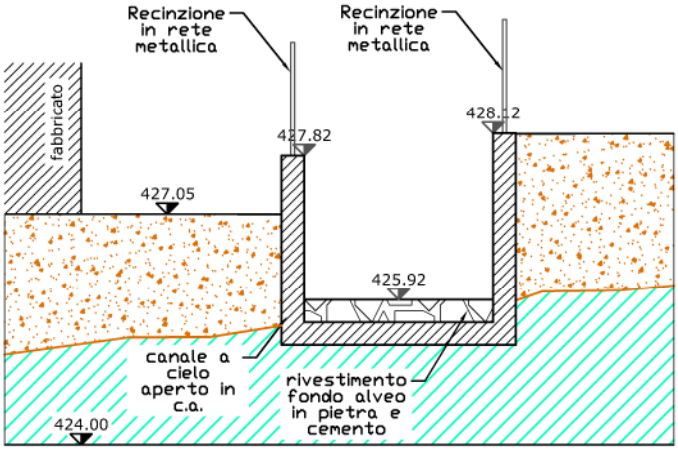
SEZIONE GEOLOGICA STRALCIO

TAV. 5

Titolo Lavoro:

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DISSESTO IDROGEOLOGICO VERSANTE A MONTE IN CORRISPONDENZA DELL'ABITATO DI PANTASINA _S.P. 40_ CUP B27C20000030001

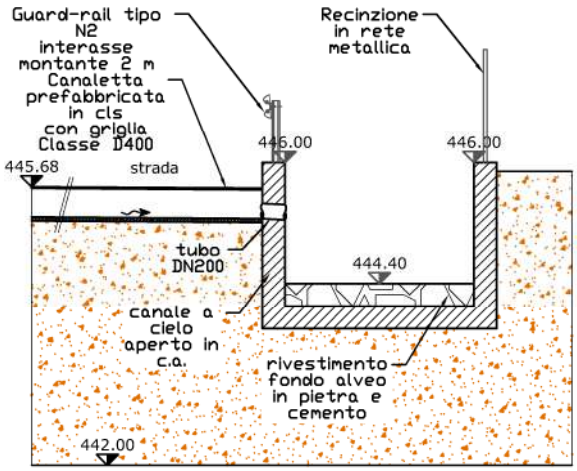
SEZIONE 3



Terreno superficiale/Coltre detritica con spessore di circa 2,0 m dal piano campagna attuale.

Coltre compatta/Cappellaccio.

SEZIONE 12



Terreno superficiale/Coltre detritica con spessore di circa 5,5 m dal piano campagna attuale.

Committente:		a cura di:	Scala:
Comune di VASIA		Anfossi Paolo	1: 100
			Rif: 004