COMUNE DI VALLECROSIA

Torrente Verbone

Progetto di messa in sicurezza del territorio a rischio idrogeologico:

(Int. A) riduzione del rischio idraulico nel tratto terminale del torrente Verbone, con aumento della resilienza del territorio: I^ lotto prestazionale - importo 1.780.000 euro

Progetto di messa in sicurezza di strade, ponti e viadotti:

(Int. B) messa in sicurezza di tratto di viabilità comunale di lungomare ed al servizio dell'abitato costiero - importo 720.000 euro

RELAZIONE SULLA COMPATIBILITÀ DELLE PREVISIONI CON LE CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE DEL TERRITORIO

ARTICOLO 89 D.P.R. 380/2001 E S.M. E I

COMMITTENTI: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI VALLECROSIA

PROGETTISTI: Ing. Tiziano DE SILVESTRI

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI SAVONA
DOTT. ING. De Silvestri Ricci Tiziano
Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
n. A 752

Firmato digitalmente da: Gianni Ughetto
Luogo: Vallecrosia
Data: 20/10/2022 09:52:13

PREMESSE.

Lo scrivente Geologo Massimo Spano iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria con il numero 398, ha realizzato la presente relazione su incarico conferito dall'Amministrazione Comunale di Vallecrosia per progetti di messa in sicurezza del territorio dal rischio idrogeologico e delle strade ponti e viadotti nel Comune di Vallecrosia in ottemperanza a quanto prescritto dalla vigente Normativa Regionale e Nazionale, dalle NTC 2018 e dal Piano di Bacino dei Torrenti Verbone - Borghetto.

Scopo dello studio è quello di verificare la corrispondenza dello stato attuale dell'area interessata dal progetto con il quadro conoscitivo e di pericolosità delineato negli Strumenti Urbanistici comunali e negli studi conoscitivi successivamente elaborati, per quanto concerne gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, idraulici e sismici, nel rispetto e in attuazione degli strumenti di pianificazione territoriale sovraordinati attualmente vigenti.

Tale verifica permette di determinare le condizioni di pericolosità geologica, idraulica e sismica dell'area di studio, al fine di valutare la fattibilità delle trasformazioni in progetto e le loro condizioni di attuazione.

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO.

Il progetto in esame prevede il riassetto della parte terminale del Torrente Verbone attraverso la demolizione di una parte di viabilità esistente e del solettone per permettere al corso d'acqua di sfociare in mare in maniera lineare e ridurre sensibilmente il rischio idraulico dell'area e del tratto a monte.

Per la sua realizzazione occorrerà demolire un tratto di passeggiata di Vallecrosia per permettere al corso d'acqua di proseguire parallelamente a Via Roma e sfociare in mare; sarà quindi necessario costruire nuovi attraversamenti, uno carrabile e uno di dimensioni più ridotte che permetterà la circolazione di pedoni e biciclette.

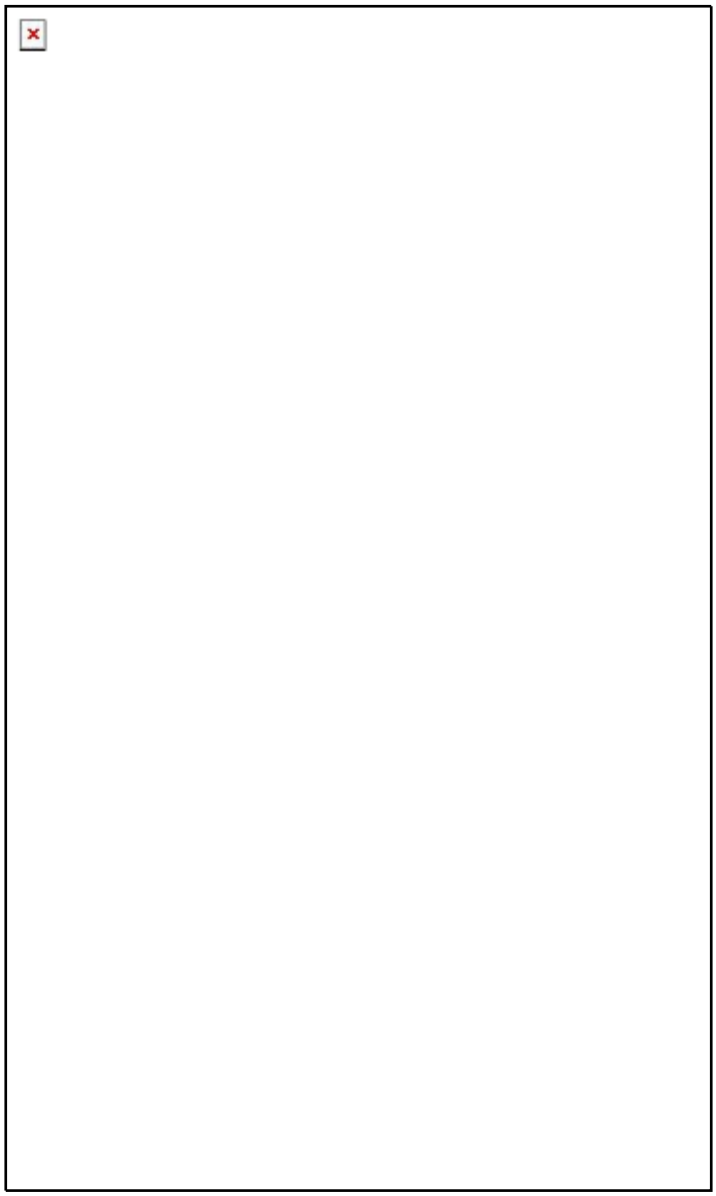


L'intervento in progetto rappresenta la ri-definizione a livello definitivo della sistemazione nel tratto focivo, quale primo lotto funzionale, del Progetto Preliminare per la mitigazione del rischio idraulico nel tratto terminale del Torrente Verbone, a suo tempo predisposto dal Comune di Vallecrosia ed oggetto del parere n° 13/2012 di compatibilità espresso, ai sensi del c.5, lettera d), dell"art. 5 della L.R. 58/2009, dal Comitato Tecnico di Bacino nella seduta del l0 maggio 2012.

Tale Progetto Preliminare Generale aveva per obiettivo l'individuazione delle azioni tese ad assicurare lo smaltimento, con franco della portata di progetto duecentennale (Q=240 mc/s) in accordo con le Norme Tecniche di Piano di Bacino ed era stato definito a seguito di una prima valutazione di possibili alternative progettuali, effettuata nel contesto d'un precedente Studio di Fattibilità del 2008, che a sua volta

aveva individuato come soluzione possibile l'eliminazione in foce della curva ad EST, con rettifica del corso d'acqua nel tratto terminale, anche a seguito della realizzazione di un nuovo ponte per attraversare il rilevato ferroviario e di un nuovo ponte per l'attraversamento del lungomare di Via Marconi, nonché della realizzazione di una nuova foce per lo sbocco a mare.

In particolare si prevedeva l'allargamento delle attuali sezioni ristrette da 15 a 22 m nelle diverse strozzature quali quelle in prossimità del Palazzo delle Poste, previsto delocalizzato, quelle del rifacimento della copertura attuale con una nuova luce di 22 m, la costruzione di un nuovo ponte ferroviario, di un nuovo ponte di attraversamento della Via Marconi sul lungomare e di una nuova foce.



Per meglio focalizzare le lavorazioni in progetto si rimanda alle tavole e alle relazioni redatte dai Progettisti.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO.

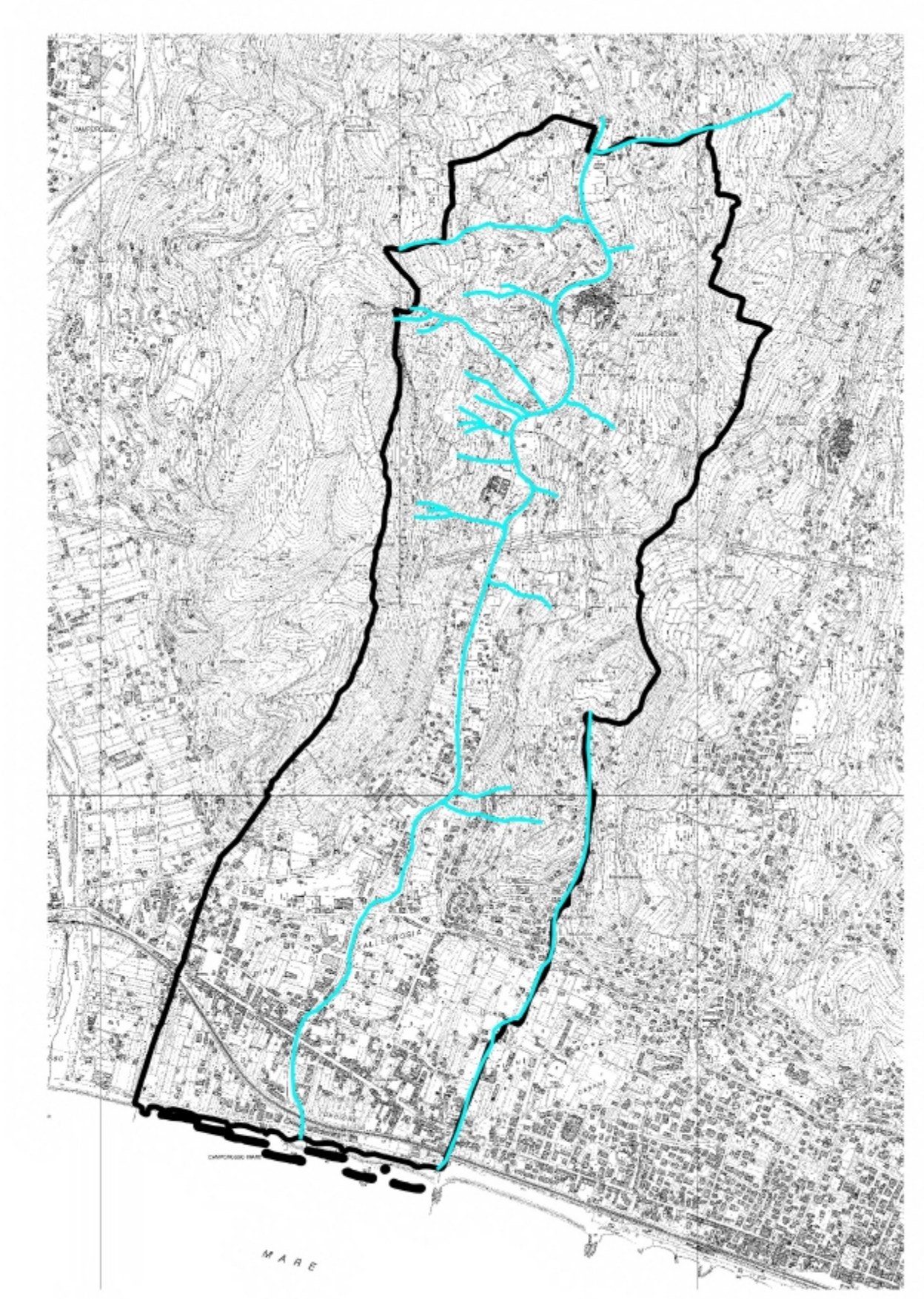
Il territorio del Comune di Vallecrosia occupa la parte bassa della valle del Torrente Vallecrosia/Verbone ed è così sommariamente definito: a Sud abbiamo il Mar Ligure, dove sbocca il T. Vallecrosia, ad Est il confine segue il crinale che sale attraverso il M. Bauso per poi svoltare seccamente verso Ovest sopra Vallecrosia Alta in corrispondenza dell'alveo di un rio delimitando così il limite a Nord per poi svoltare sempre bruscamente a Sud e, scendendo attraverso il crinale in corrispondenza del Colle Aprosio, proseguire delimitando il limite Ovest fino al Mare.

Il corso del Torrente Verbone/Vallecrosia all'interno del Comune di Vallecrosia risulta abbastanza rettilineo, con andamento N-S, se si eccettuano piccole anse nella parte a monte, probabilmente dovute all'interazione di piccoli sistemi di fratture ortogonali al corso d'acqua principale.

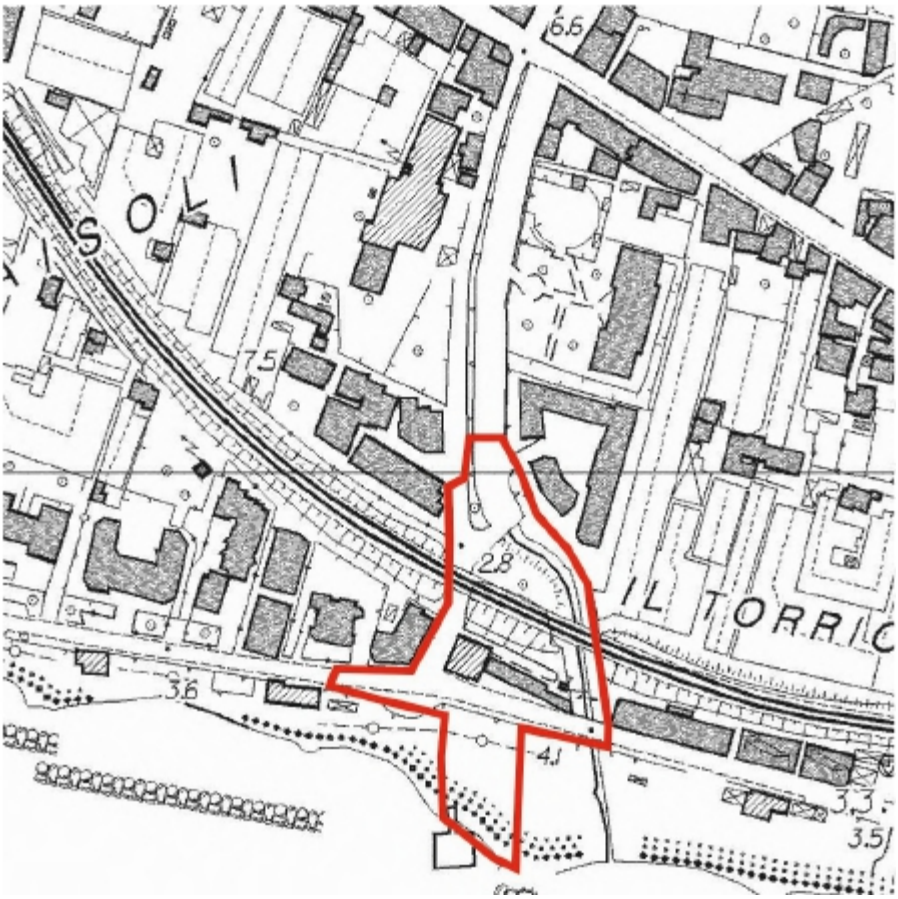
Il greto è composto da alluvioni di debole potenza, ma a volte costituite da trovanti di grosse dimensioni; nella fase terminale di piana sub-orizzontale, sedimentativa e alluvionale, vi è una sovrapposizione tra i depositi fluviali di fondovalle e la spiaggia marina depositata.

Il reticolo idrografico è caratterizzato da una sostanziale omogeneità morfo-strutturale. I versanti mediamente acclivi e aree dove a causa della notevole acclività si registra un assetto a reggipoggio.

La sponda in destra orografica è mediamente più acclive di quella in sinistra.


MARE

La foce del Torrente Verbone (area oggetto dell'intervento in studio) è caratterizzata da un andamento non perfettamente lineare che, vista la morfologia pianeggiante, ha probabili motivazioni antropiche. In particolare alcune decine di metri a monte della passeggiata mare il corso d'acqua curva bruscamente verso sinistra per poi rimettersi ortogonale alla costa e sfociare in mare.



Tale andamento rappresenta una criticità dal punto di vista idraulico, pertanto con il presente progetto si vuole restituire al torrente il suo andamento naturale in modo da migliorare le condizioni di sicurezza del tratto terminale del Verbone.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO.

Il comune di Vallecrosia è impostato sulle formazioni qui di seguito elencate (PUC Vallecrosia):

UNITA' SANREMO-M. SACCARELLO

- ARENARIE DI BORDIGHERA. Formazione costituita da potenti torbiditi appartenenti ad un flysch arenaceo derivato dalla deposizione in ambiente di conoide sottomarina a bassa efficienza di trasporto, a prevalente composizione quarzoso-feldspatico-micacea, con elementi litici composti da ciottoli e parti di rocce cristalline. Si trovano sequenze di strati torbiditici arenacei, arenaceo-conglomeratici e, in subordine, arenaceo-siltosi di spessore variabile a seconda della zona di deposizione dell'apparato torbiditico:
  - conglomerati, arenarie massicce e arenarie conglomeratiche con rare intercalazioni di torbiditi spesse e sottili, depositatasi nella zona interna alla conoide sottomarina
  - arenarie massicce e torbiditi spesse intercalate a livelli torbiditici sottili, depositatesi nella zona intermedia
  - torbiditi sottili ed emipelagiti con rare intercalazioni di torbiditi spesse e arenarie massicce, depositatesi nelle fasce periferiche della conoide

  Cretaceo Superiore.
- FLYSCH DI SANREMO. Formazione costituita da strati di Torbiditi marnoso-calcaree e calcareo- marnose a base calcareo arenacea, in strati da medi a plurimetrici. In questa formazione sono state riconosciute più litofacies: litofacies basali segnate dalla comparsa di strati isolati di arenarie grossolane e dall'infittirsi di calcari micritici in strati metrici con passaggio attraverso termini arenaceo-argillitici e calcilutiti alternati a megatorbiditi marnoso-arenacee a litofacies chiaramente marnose e a stratificazione più sottile.

  Cretaceo Superiore.

UNITA' DELFINESE-PROVENZALE

- FLYSCH DI VENTIMIGLIA. Formazione costituita da un'alternanza ritmica di arenarie e torbiditi arenaceo-marnose-argillose che presentano variazioni litostratigrafiche dello spessore dei litotipi. Questa Formazione appartiene

all'Unità Argentera-Mercantour del dominio paleogeografico Delfinese-Elvetico, che costituisce il settore esterno verso il quale sono avvenuti movimenti di traslazione dell'orogenesi alpina.

Sono presenti due litofacies:

- Torbiditi marnoso-arenacee e arenaceo siltose, in strati prevalentemente sottili e medi in cui

la frazione pelitica è di norma molto più sviluppata di quella arenacea

- Torbiditi marnoso-arenacee e arenaceo-pelitiche, in strati generalmente medi e sottili con frequenti livelli caotici intraformazionali (brecce poligeniche) generalmente medi e sottili con frequenti livelli caotici intraformazionali

Eocene

PLIOCENE

- CONGLOMERATI DI M. VILLA. Formazione costituita da conglomerati poligenici ben cementati mal stratificati, con abbondante matrice sabbiosa, in banchi spessi alcuni metri. I clasti hanno dimensioni molto variabili con prevalenza di quella del ciottolo.

Pliocene inferiore

- BRECCE DI TAGGIA. Formazione costituita dall'alternanza irregolare di sabbie, spesso con crostoni induriti e livelli panchinoidi, conglomerati disorganizzati fino a caotici, talora immaturi e molto grossolani, argille marnose.

Pliocene inferiore

- ARGILLE DI ORTOVERO. Formazione costituita da argille più o meno marnose, a volte siltoso- sabbiose, grigio-azzurre o bianco-giallastre per alterazione superficiale, in grandi accumuli lentiformi al di sotto di conglomerati poligenici.

Pliocene inferiore

QUATERNARIO

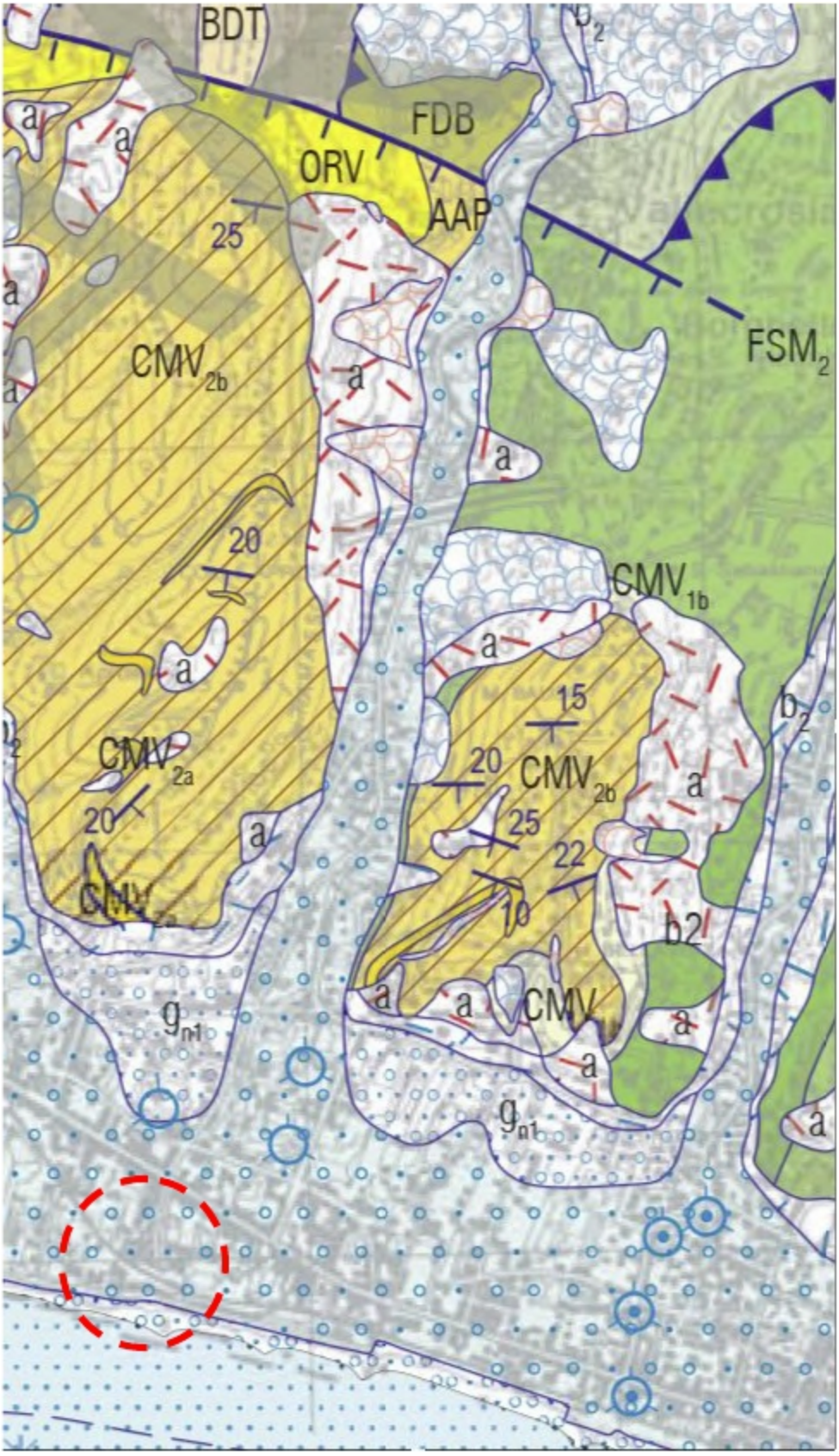
- ALLUVIONI RECENTI. Formazione costituita da depositi alluvionali di fondovalle, e costieri fluvio-marini, talora terrazzata in vari ordini, a granulometria prevalentemente ghiaiosa o sabbioso- limosa.

Questa Formazione in taluni casi si presenta particolarmente costipata con depositi alluvionali più o meno recenti, ma comunque ormai estranei all'evoluzione e alla dinamica dei corsi d'acqua attuali. La granulometria è molto variabile.

Pleistocene inferiore.

- ALLUVIONI MOBILI. Formazione costituita da depositi dei greti attuali e depositi di spiaggia, a granulometria prevalentemente ghiaiosa, o sabbioso-limosa

Questa unità rappresenta i depositi alluvionali attuali dei corsi d'acqua e i depositi di spiaggia attuali. La granulometria è eterogenea, con prevalenza della frazione ghiaiosa nelle alluvioni torrentizie, e di quella sabbioso-limosa nella zona costiera per la spiaggia sommersa. I depositi non sono normalmente cementati, né presentano alcuna apprezzabile costipazione.



b **Depositi alluvionali**: depositi ciottolosi, ghiaiosi e/o sabbiosi, accumulati lungo le principali aste torrentizie, soggetti ad evoluzione per processi fluviali attuali.

La zona di intervento ricade nella totalità nei sedimenti depoosizionali del Quaternario, con substrato verosimilmente costituito dalle Formazioni Plioceniche.

NOTE DI TETTONICA

Si è già rilevato che il substrato dell'areale oggetto di studio fa parte di due diversi domini paleogeografici:

- •la Zona Delfinese-Provenzale ad Ovest
- •la Falda del Flysch ad Elmintoidi di Sanremo-M. Saccarello ad Est

In ambedue i domini si riscontra l'azione di una tettonica polifasata complessa, di cui l'effetto macrostrutturale più evidente in questa zona è il generalizzato accavallamento dell'unità del Flysch ad Elmintoidi, completamente scollata dal proprio originario basamento, sul Flysch Delfinese- Provenzale.

Il movimento delle Unità Tettoniche trasportate e impilate le une sulle altre verso l'esterno dell'Arco Alpino con successiva deformazione e retroflessione a vergenza appenninica ha causato una differente successione delle fasi deformative nei diversi domini.

Il Flysch di Ventimiglia, infatti, risulta decisamente scollata dal proprio substrato prepaleogenico, ha subito una traslazione prodotta da una tettonica abbastanza moderata, responsabile di una successione di anticlinali e sinclinali aperte.

L'unità del Flysch ad Elmintoidi è assoggettata ad una tettonica molto più marcata ed è quindi coinvolta in ripiegamenti di dimensioni varie, attribuibili a più fasi sovrimposte.

Le Formazioni in oggetto sono inoltre state interessate da deformazioni di tipo fragile, testimoniate dalla presenza di faglie dirette e/o trascorrenti che dovevano essere attive sin dalle fasi iniziali della deposizione pliocenica: sul territorio si riconoscono diverse strutture deformative sia principali che secondarie.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE.

Nell'ambito del bacino del T. Vallecrosia si rileva la prevalenza di formazioni impermeabili o semipermeabili. Gli affioramenti del Flysch di Ventimiglia caratterizzano

un'idrografia prettamente superficiale, con un reticolo ad elevata densità di drenaggio, dendritico, con incisioni piuttosto brevi.

Le emergenze idriche che si possono riscontrare sono classificabili come "sorgenti per limite di permeabilità definito" e sono dovute al contrasto di permeabilità unità diverse; esse per lo più sono disseminate nei potenti corpi detritici presenti e scarsamente produttive.

Le piana fluvio-deltizia terminale rappresenta un acquifero piuttosto importante: la falda è contenuta nei livelli ghiaioso-ciottolosi separata da strati impermeabili, o semipermeabili.

Dal punto di vista della permeabilità dei terreni, si possono individuare quattro categorie principali:

- terreni permeabili per porosità: vi appartengono tutti i depositi quaternari di natura alluvionale, fluviali o fluvio-marini e le coperture detritiche. Tra le formazioni prequaternarie, si possono includere sia terreni ad elevata permeabilità per porosità, come le sabbie con brecce e conglomerati della base del Pliocene, sia i conglomerati superiori, che uniscono ad una moderata permeabilità per porosità una quota variabile per fessurazione e fratturazione;
- terreni permeabili per fessurazione e fatturazione: appartengono a questa categoria il Flysch di Sanremo in facies marnoso-calcarea e le Arenarie di Bordighera;
- formazioni e terreni semipermeabili: appartengono a questa categoria il Flysch di Sanremo in facies marnoso-arenacea e il Flysch di Ventimiglia, è una permeabilità modesta per porosità; per le unità litoidi la permeabilità è per fessurazione/fratturazione, dovuta alle fratture e diaclasi che si trovano nella parte superficiale dell'ammasso roccioso;
- formazioni e terreni impermeabili: appartengono a questa categoria la formazione delle Argille di Ortovero e la formazione del Flysch di Ventimiglia in facies di Olistostroma. Nelle Argille l'acqua assorbita viene quasi totalmente trattenuta come acqua di ritenzione, mentre nel Flysch si riscontra una grande capacità di saldatura delle fratture e dei meati.

Nel settore in studio gli accertamenti effettuati hanno permesso di individuare potenti depositi alluvionali (superiori ai 30 m) e una falda a circa 2-3 m dal piano campagna; la variabilità del livello è condizionato sia dalle piogge che dall'interazioni del moto marino.

INDAGINE GEOFISICA IN SITU.

A integrazione dei dati emersi dal rilevamento è stata eseguita una prima prova geofisica in situ, consistente in una prospezione di sismica passiva a stazione singola (secondo la metodologia HVSR) ubicata nell'area oggetto di intervento.

Tale tecnica permette la parametrizzazione sismica dei terreni mediante l'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, correlabili ai cambi litologici-stratigrafici. La modellazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo.

I dati che si ricavano sono relativi alla frequenza propria del sito d'indagine, dal quale attraverso correlazioni e rielaborazioni si possono desumere spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno dei sismostrati presenti.

Per tale indagine è stato utilizzato un acquisitore dati digitale Gemini 4 della PASI capace di acquisire e registrare i microtremori o rumore sismico ambientale, mediante una terna di geofoni con frequenza di risonanza 4,5 Hz, accuratamente accoppiati meccanicamente ed elettricamente ed orientati N-S, E–W e verticalmente.

Per l'elaborazione dei dati è stato quindi utilizzato il software WinMaswHVSR della Eliosoft. I risultati ottenuti in merito alla frequenza fondamentale del sito vengono di seguito riportati:

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio – PS1

Date: 30 9 2022
Time: 10 05

Dataset: SITE_20220930_1005_pontevallecrosia.SAF
Sampling frequency (Hz): 128
Window length (sec): 40
Length of analysed temporal sequence (min): 10.0
Tapering (%): 10

==========
In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

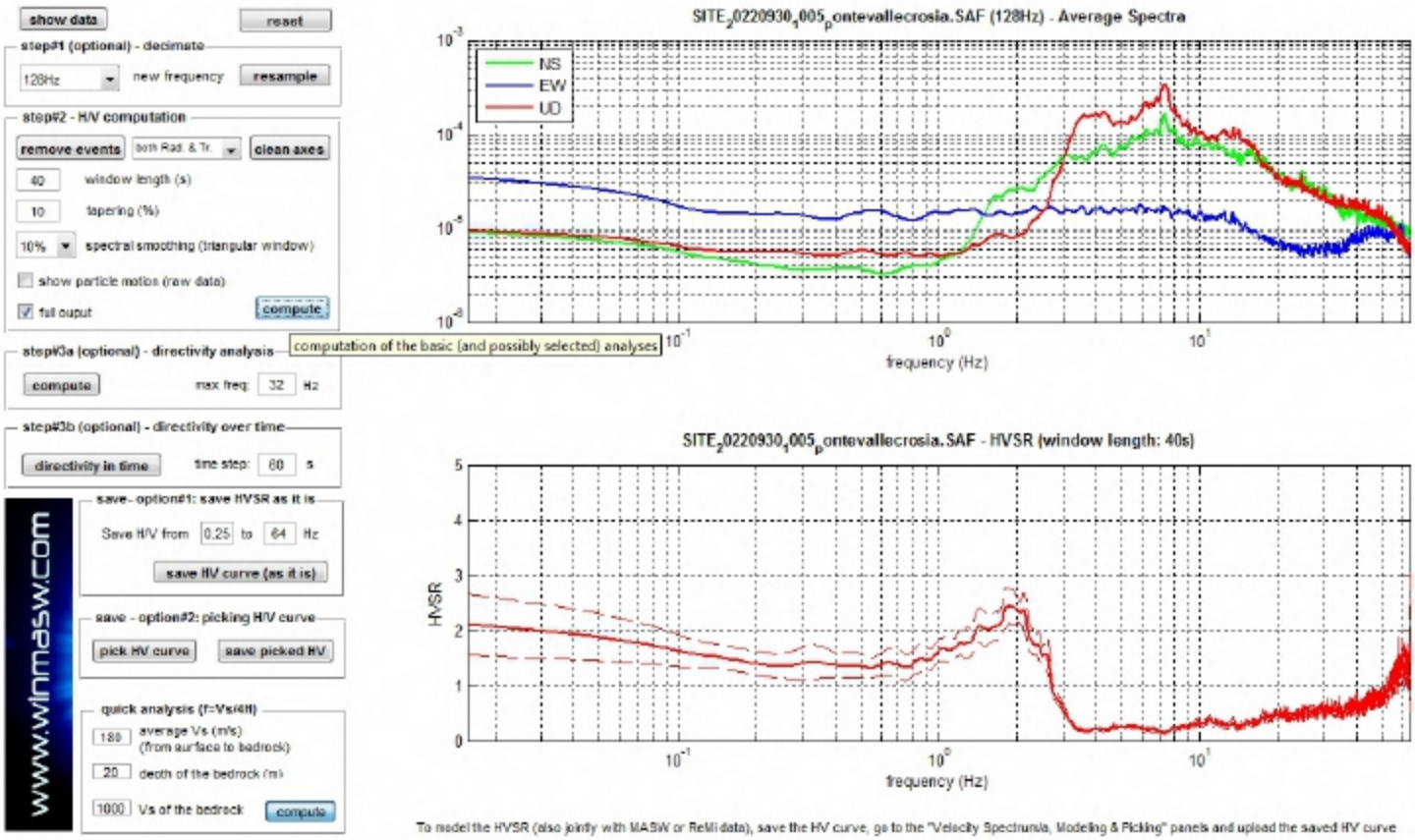
Peak frequency (Hz): 1.9 (ą0.3)

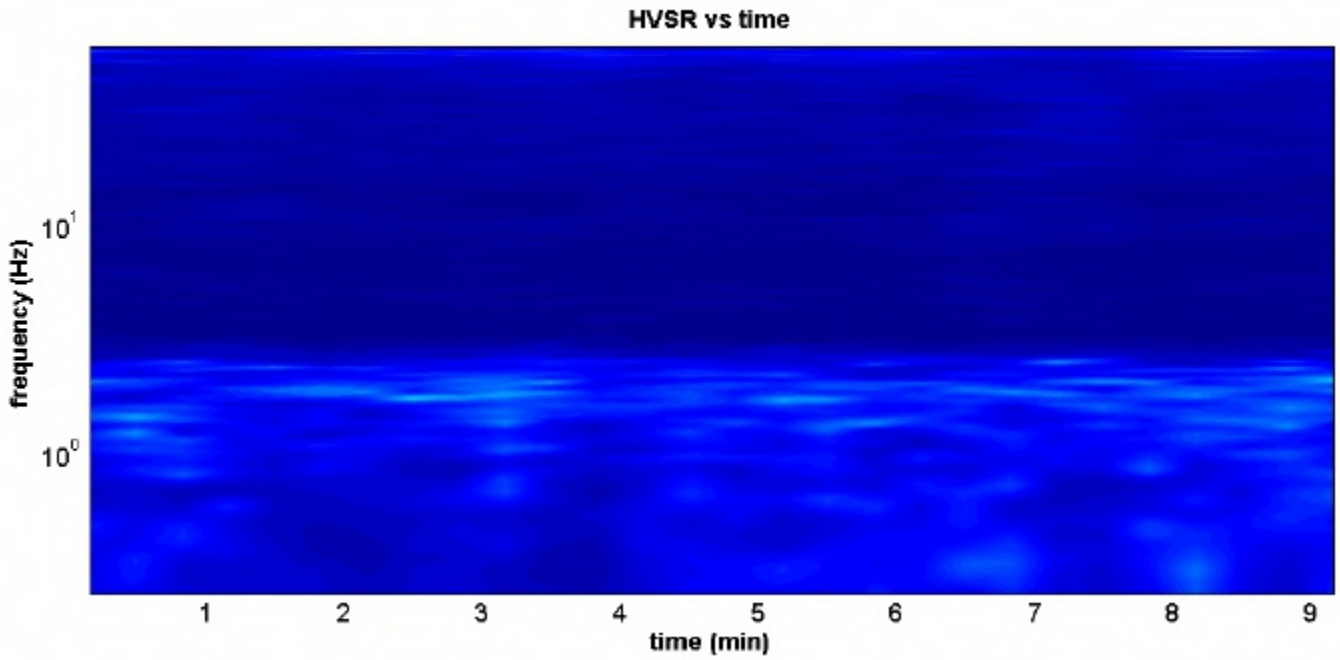
Peak HVSR value: 2.5 (ą0.3)

=== Criteria for a reliable H/V curve ==========
#1. [f0 > 10/Lw]: 1.9 > 0.25 (OK)
#2. [nc > 200]: 2101 > 200 (OK)
#3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fullfilled) ==========
#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: (NO)
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 2.7Hz (OK)
#3. [A0 > 2]: 2.5 > 2 (OK)
#4. [fpeak[Ah/v(f) ą sigmaA(f)] = f0 ą 5%]: (OK)
#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 0.328 > 0.188 (NO)
#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.317 < 1.78 (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.
Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.


show data
reset
step#1 (optional) - decimate
128Hz
new frequency
resample
step#2 - H/V computation
remove events
both Rad. & Tr.
clean axes
40
window length (s)
10
tapering (%)
10%
spectral smoothing (triangular window)
show particle motion (raw data)
full ouput
compute
step#3a (optional) - directivity analysis
computation of the basic (and possibly selected) analyses
compute
max freq:
32
Hz
step#3b (optional) - directivity over time
directivity in time
time step:
60
s
www.winmasw.com
save - option#1: save HVSR as it is
Save H/V from
0.25
to
64
Hz
save HV curve (as it is)
save - option#2: picking H/V curve
pick HV curve
save picked HV
quick analysis (f=Vs/4H)
180
average Vs (m/s)
(from surface to bedrock)
20
depth of the bedrock (m)
1000
Vs of the bedrock
compute
SITE_0220930_005_pontevallecrosia.SAF (128Hz) - Average Spectra
NS
EW
UD
frequency (Hz)
SITE_0220930_005_pontevallecrosia.SAF - HVSR (window length: 40s)
HVSR
frequency (Hz)
To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrums, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve


HVSR vs time
frequency (Hz)
time (min)

La frequenza fondamentale del sito risulta essere quindi di 1,9 Hz.

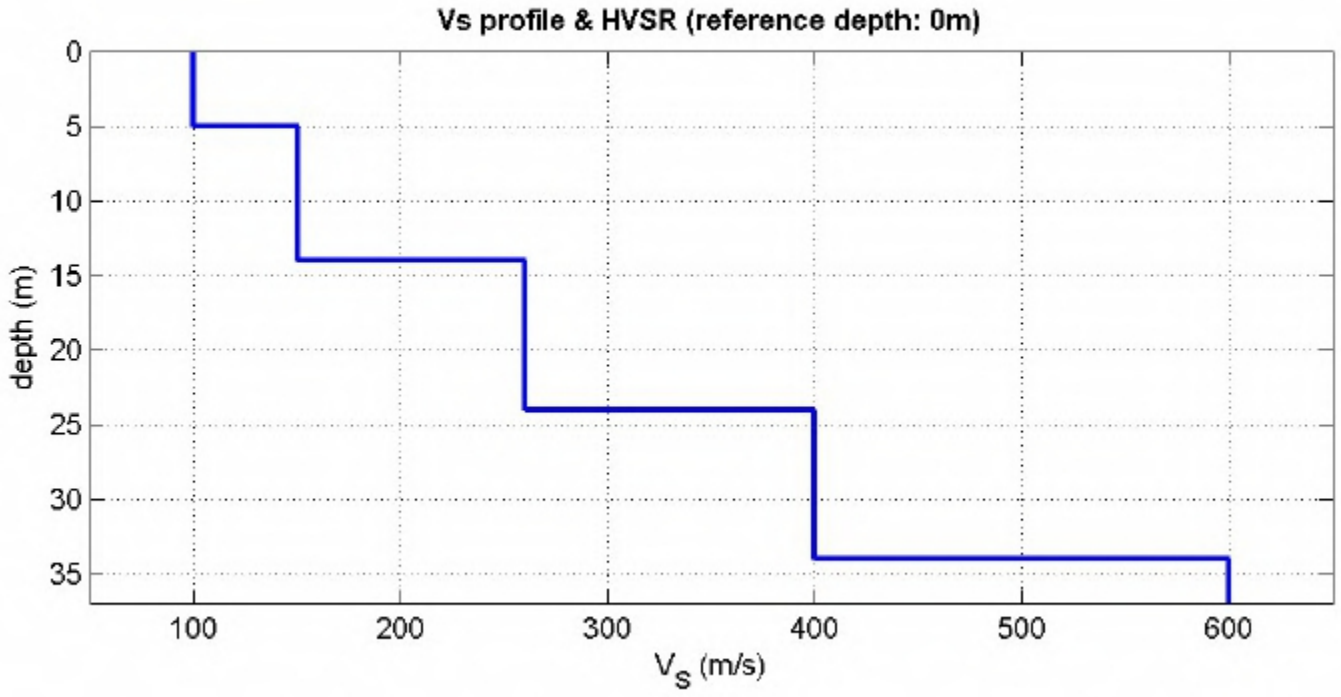
Attraverso la relazione

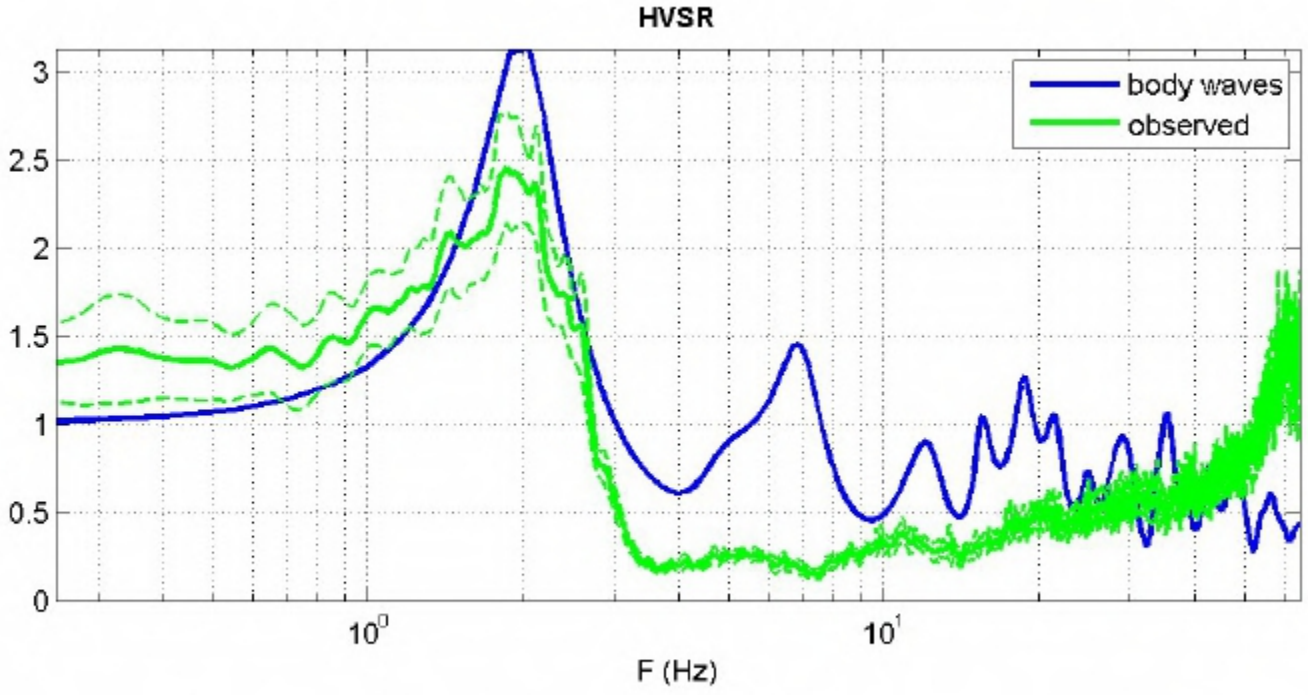
$$h = \frac{Vs}{4 f_0}$$

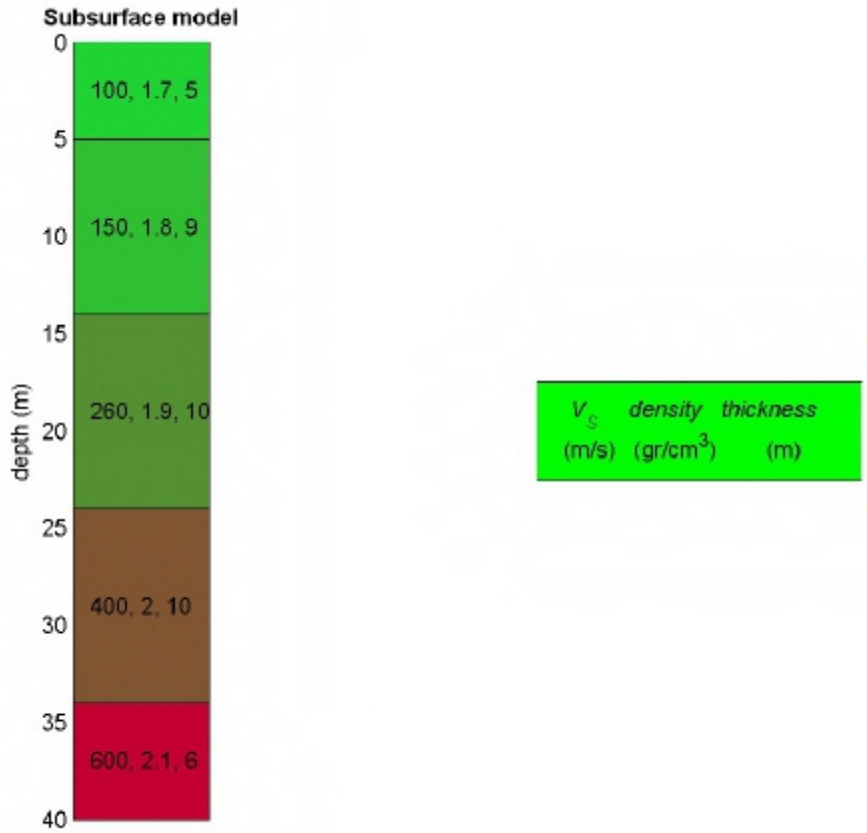
che lega frequenza di risonanza, spessore della coltre sovrastante il bedrock e velocità delle onde di taglio, utilizzando i dati emersi dagli accertamenti eseguiti nonché i dati di bibliografia disponibili è stato calcolato il profilo Vs per l'area in esame.

Una volta ipotizzata la stratigrafia del sottosuolo si è quindi cercato di modellare la curva H/V ottenuta, come di seguito evidenziato:




Vs profile & HVSR (reference depth: 0m)
depth (m)
0
5
10
15
20
25
30
35
100
200
300
400
500
600
V_S (m/s)


HVSR
body waves
observed
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
10^0
10^1
F (Hz)



Mean model
Vs (m/s): 100 150 260 400 600
Thickness (m): 5.0, 9.0, 10.0, 10.0
Density (gr/cm3) (approximate values): 1.68 1.77 1.91 2.01 2.11
Shear modulus (MPa) (approximate values): 17 40 129 322 759
Analyzing Phase velocities
Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)
Vp (m/s): 208 312 541 833 1249
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 (m/s): 184– Vs,eq (m/s): 184

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018), avendo ricavato che la Vs30 è pari a 184 m/sec, la Vs,eq vista la presenza di decine di metri di sedimenti coincide con la Vs30, pertanto lo scrivente ritiene corretto assegnare al suolo la categoria C.

CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO SISMICO.

Poiché alla luce di quanto previsto dalla nuova Normativa in materia di rischio sismico (O.P.C.M. 3274/2003 e successive modificazioni ed integrazioni) che ha condotto ad una riclassificazione del territorio nazionale, il Comune di Vallecrosia ricade in zona 3, mentre le ultime modifiche della Normativa Regionale D.G.R. 1308 del 24/10/2008 la riclassificano in zona 3s, si ritiene opportuno fornire in tale sede alcune indicazioni utili a supporto della progettazione.

Secondo le nuove Norme Tecniche le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto degli stati limite, sia di esercizio che ultimi, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" caratteristica del sito d'intervento. Tale pericolosità di base deriva da studi condotti a livello nazionale, è riferita a condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale ed è definita da forme spettrali determinate in funzione dell'accelerazione orizzontale massima attesa al sito (a_g), del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0) e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c^*).

L'azione sismica così individuata, subordinata esclusivamente al posizionamento del sito d'intervento (in termini di latitudine e longitudine), deve essere quindi variata in funzione delle condizioni stratigrafiche del sottosuolo e della morfologia dei luoghi al fine di caratterizzare la risposta sismica locale.

Dal punto di vista stratigrafico le Norme prevedono la classificazione del terreno di fondazione essenzialmente sulla base del parametro Vs_{30}, definito come "velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di sottosuolo"; i suoli vengono pertanto suddivisi nelle 7 classi riportate nelle tabelle seguenti:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per quel che concerne le classi S1 e S2 sono richieste studi di dettaglio per la definizione dell'azione sismica di progetto.

La forma spettrale viene così modificata in funzione della stratigrafia attraverso la determinazione del Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica S_s e del coefficiente C_c che modifica il valore del periodo Tc corrispondente all'inizio nel tratto a velocità costante dello spetto ($T_c = C_c \times T_c^*$) secondo le modalità seguenti:

Tabella 3.2.V – *Espressioni di* S_S *e di* C_C

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	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tenere conto invece delle condizioni topografiche del sito d'intervento, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del Coefficiente di Amplificazione Topografica S_T riportato di seguito e variabile in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

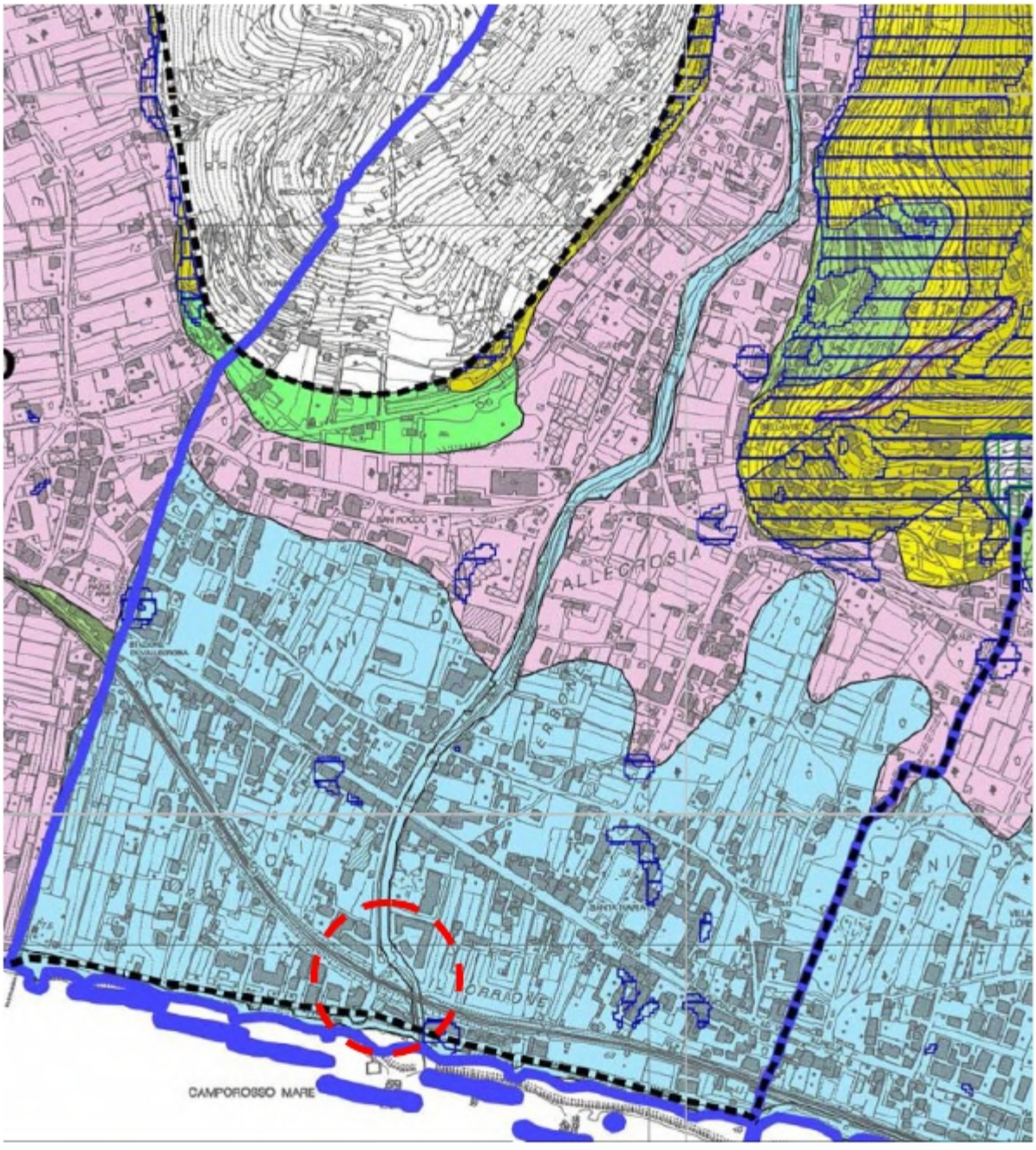
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \le 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \le i \le 30°$
T4	Rilievi con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

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

Il Comune di Vallecrosia è stato oggetto di studi specifici patrocinati dalla Regione Liguria per la Microzonazione Sismica di 1° Livello che hanno portato alla suddivisione del territorio in aree stabili e aree instabili rappresentate nella Carte delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.).

In questa carta la zona oggetto d'intervento ricade in area contraddistinta dal colore azzurro (zona 7 - caratterizzata da depositi ghiaio-sabbiosi/sabbio-ghiaiosi) appartenenti ai depositi alluvionali fluvio-marini della piana di Vallecrosia.



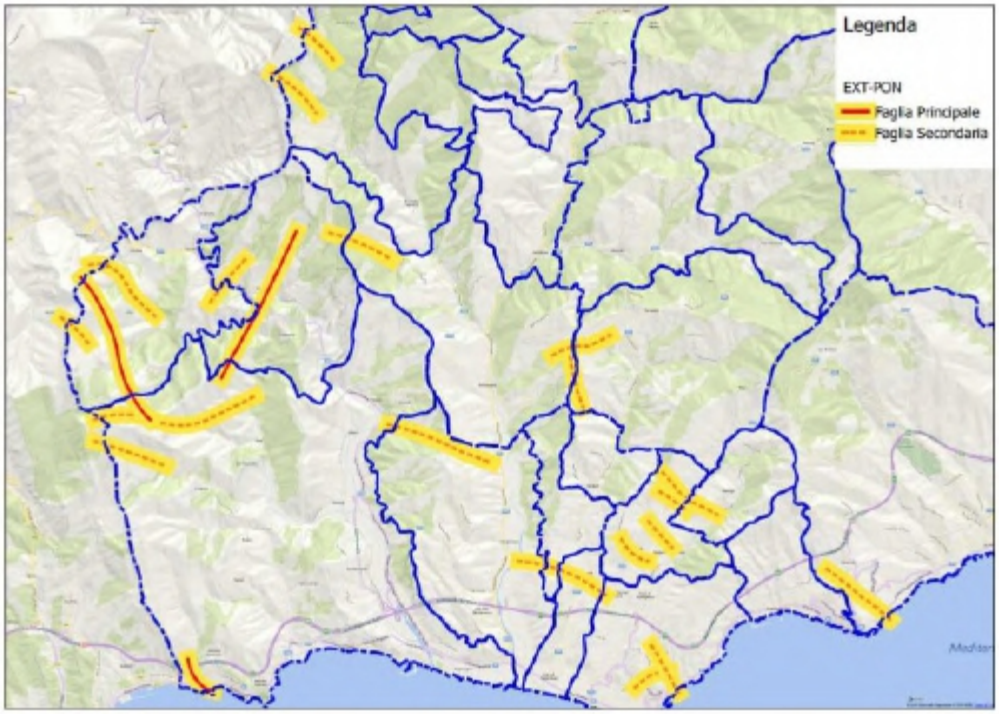


Recentemente sono stati realizzati nuovi approfondimenti sismici in Regione Liguria riguardanti “L’INDIVIDUAZIONE E ALLA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLA PRESENZA DI FAGLIE ATTIVE/CAPACI (FAC), studi propedeutici all’applicazione delle Linee Guida Nazionali per la gestione del territorio interessate da FAC (Delibera Giunta Regionale n° 534 del 18/06/2021).

Il Comune di Vallecrosia è stato associato alla zona sismogenetica denominata EXT-PON (estremo ponente ligure fault system) e non è interessata da faglie principali, ma solo da strutture secondarie ubicate nella porzione nord del territorio comunale.

Zona Estremo Ponente ligure fault System

(zona sismogenetica EXT-PON)



ID	Zone sismogenetiche	Indicata in DISS e/o ITHACA	Sismicità recente (1960 – 2018)	Condizioni preliminari per l'individuazione di una FAC	Comuni interessati (Comuni elencati in parentesi interessati solo da strutture secondarie)
3	EXT-PON (Estremo Ponente ligure fault system)	SI	SI -sequenza del 1995 con Ml max = 4.7-	• Terremoti storici con Mw > 5.5: NON NOTO (l'area è stata storicamente colpita da eventi con Mw > 5.5 la cui localizzazione risulta molto incerta) • Dati di Letteratura riportanti la presenza di faglie all'interno di formazioni tardo-pleistoceniche-oloceniche: NO (non disponibili informazioni circa la visibilità della faglia in formazioni recenti databili) • Indicazioni in Studi MS: NON SEGNALATO	Ventimiglia Airole Olivetta San Michele (Soboarga – Vallebona – Vallecrosia – Camporosso – Perinaldo – Dolceacqua – Rocchetta Nervina)

Inoltre con Delibera di Giunta Regionale n° 535 del 18/06/2021 sono state adottate le Linee Guida per la Gestione del Territorio in Aree Interessate da Liquefazione (LQ) ed approvazione criteri tecnici integrativi alla DGR 471/2010.

Tale documento intende garantire una omogenea applicazione negli studi di Microzonazione Sismica, delle nuove conoscenze acquisite attraverso lo studio regionale sul fenomeno della liquefazione, prevedendo in particolare:

- le modalità di recepimento degli adottandi criteri regionali differenziati in ragione del grado di conoscenza ed approfondimento degli studi di Microzonazione Sismica a corredo dei piani urbanistici Comunali,

• la definizione del sistema di rappresentazione delle zone di liquefazione e le procedure di determinazione delle zone in funzione dei livelli di Microzonazione Sismica,

• la disciplina tipo degli usi del territorio nelle zone a rischio di liquefazione,





L'area in studio e oggetto dell'intervento ricade in zona di attenzione per liquefazione di tipo 1 (ZALQ1)(zone instabili), pertanto a compendio dei progetti saranno necessari approfondimenti geognostici e geofisici per caratterizzare gli effetti di sito in relazione agli interventi proposti nella zona. L'alveo del torrente e la spiaggia invece sono ubicati in zone stabili suscettibili di amplificazione per motivi stratigrafici.

CARATTERIZZAZIONE PUC E PIANI DI BACINO.

La carta di suscettività d'uso del territorio sintetizza le informazioni delle carte tematiche propedeutiche al Piano Urbanistico Comunale e fornisce

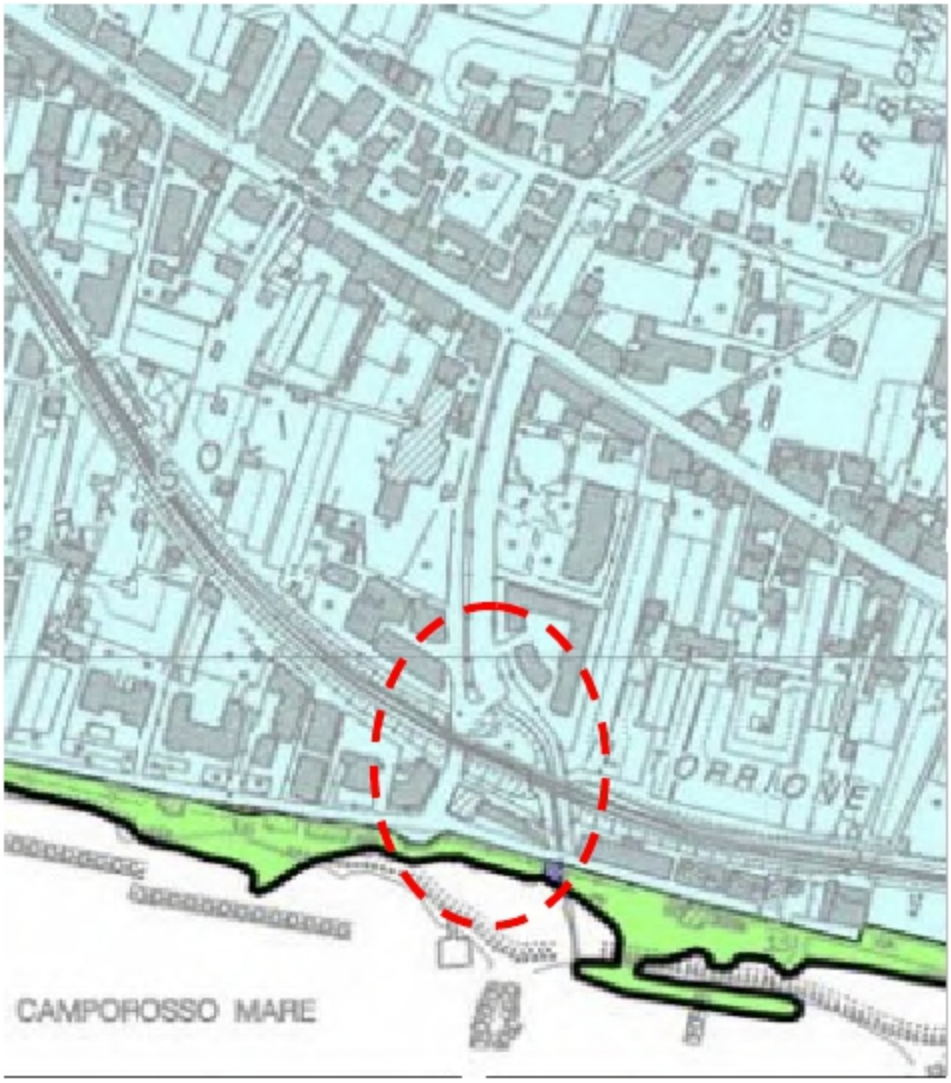
uno schema di idoneità su scala territoriale, che individua le aree soggette ad azioni geodinamiche e le zone nelle quali gli interventi sono subordinati ad uno studio specifico.



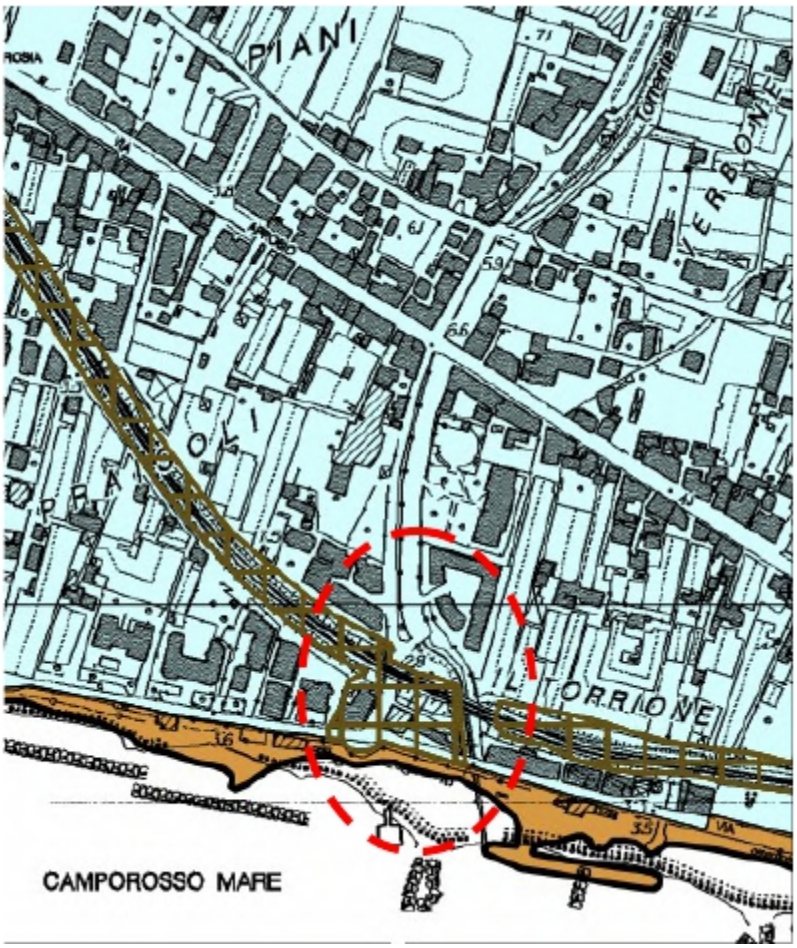
La carta ha il vantaggio di fornire una visione immediata d'insieme, ma proprio per la quantità di variabili che integra, non deve essere impiegata per lo studio di interventi puntuali, anche se le indicazioni sono suffragate da verifiche in situ di congruenza locale.

Come si può individuare dallo stralcio cartografico soprariportato l'area d'intervento ricade in Zona A della carta di suscettività d'uso del territorio: "aree prive di problematiche di ordine geologico, per le quali non vi sono limitazioni all'entità ed alla tipologia dell'intervento".

Per quanto concerne la caratterizzazione nella cartografia del Piano di Bacino del Torrente Borghetto-Vallecrosia, di seguito si riportano gli stralci dell'area.

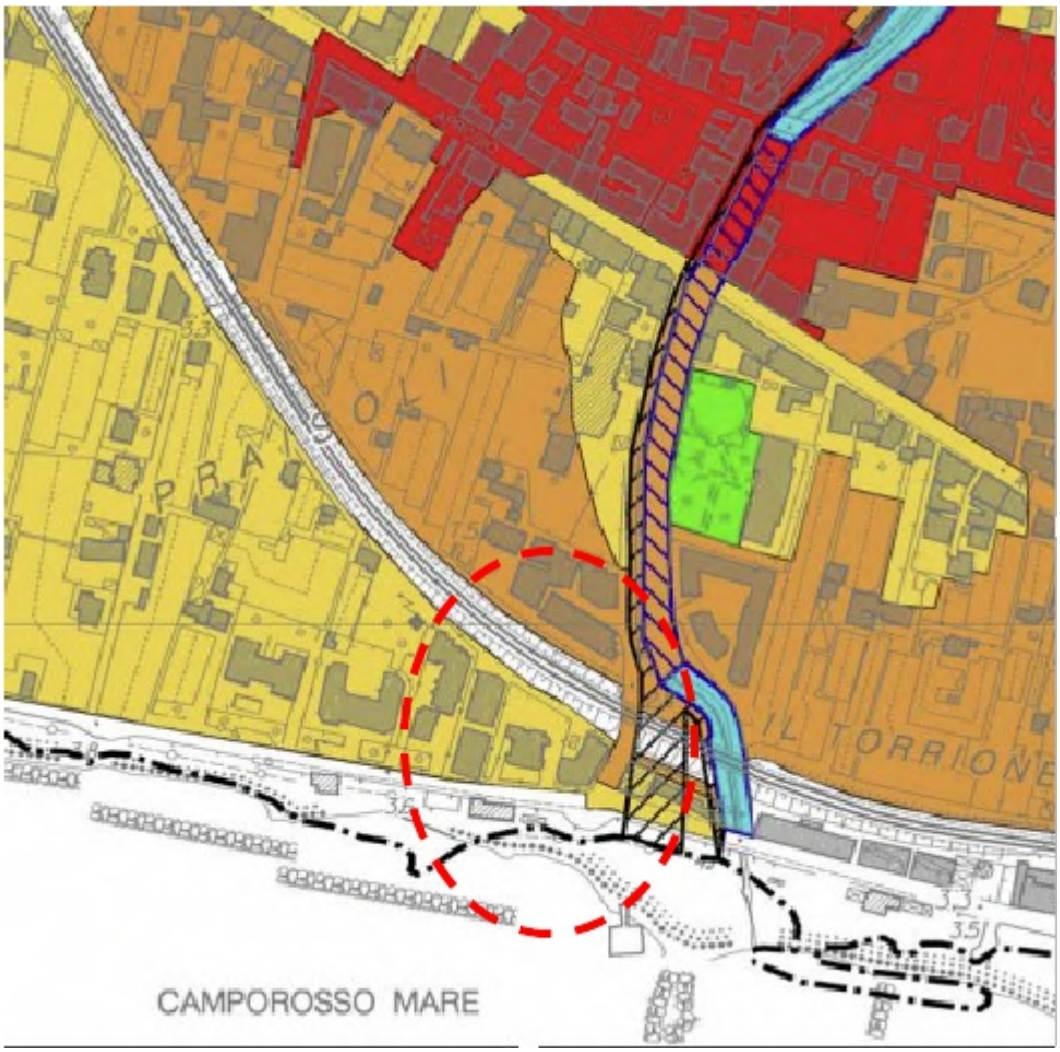


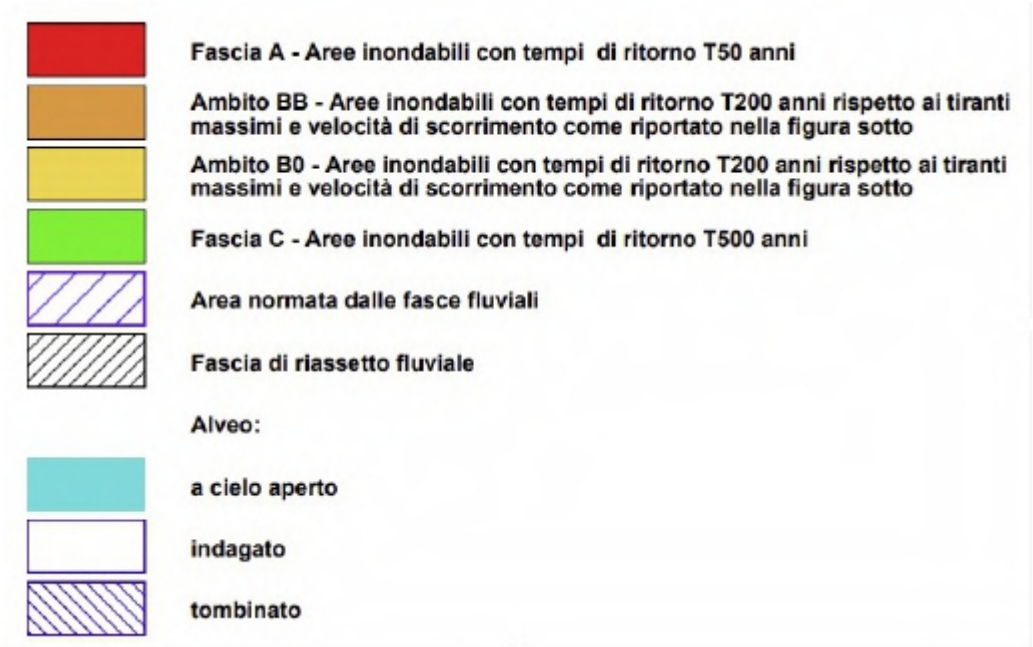
Stralcio Carta del Rischio Geomorfologico (Rg0-Rg1)





Stralcio Carta degli Ambiti Normativi (Pg3a-Pg0-Tipo B2))





Stralcio Carta degli Ambiti Normativi (BB-B0)





Stralcio Carta del rischio idraulico (R4)

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.

La presente relazione geologica preliminare vuole definire la fattibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica degli interventi di messa in sicurezza della parte terminale del Torrente Verbone.

Si ritiene che l'intervento proposto, corredato di tutti gli approfondimenti in situ e in laboratorio che andranno ad unirsi ai dati e alle conoscenze già rappresentate nelle carte e nelle relazioni tematiche del Piano Urbanistico Comunale e dei Piani di Bacino, sia compatibile con l'assetto idrogeologico dell'area.

In merito alla redazione del progetto definitivo ed esecutivo in relazione agli aspetti geologici e sismici si dovrà prevedere, ai sensi della normativa attualmente vigente (NTC 2018), l'esecuzione di specifiche indagini in situ (geognostiche e geofisiche) e in laboratorio per definire nel miglior modo possibile il modello geologico indispensabile a scegliere la tipologia e il dimensionamento degli interventi da progettare.

In relazione alle condizioni di pericolosità sismica locale, vista la collocazione dell'area in zona ZALQ della Carta delle MOPS, dopo aver stabilito il reale potenziale di liquefazione del sito, in caso di esito sfavorevole, dovranno essere adottate le adeguate tipologie fondazionali e gli accorgimenti tecnico-costruttivi opportuni.

Inoltre ricadendo parte del settore in area Tipo B2 della carta della suscettività al dissesto di versante (vecchi riporti antropici), si dovrà preventivare una campagna di analisi di laboratorio per classificare i materiali di sterro e destinarli a centri di recupero appropriati per evitare di destinarli tutti a discarica ed eventualmente utilizzarli per i reinterri in progetto.

Geologo Massimo Spano

Ventimiglia, 06 ottobre 2022