COMUNE DI VENTIMIGIA
Provincia di Imperia

# RICONVERSIONE URBANISTICO - FUNZIONALE DEL PARCO ROJA ED AREE CONNESSE

Aree ferroviarie inserite nell'Accordo di programma da sottoscrivere tra Regione Liguria, Provincia di Imperia, Comune di Ventimiglia ed Agenzia del Demanio

## Rapporto preliminare per lo svolgimento della Verifica di Assoggettabilità a VAS

- ai sensi della L.R. 32/2012 -

Committente:

COMUNE DI VENTIMIGLIA

| TAVOLA: | DATA: | |
|---|---|---|
| AG | Febbraio 2014 | |

# RELAZIONE GEOLOGICA


**RELAZIONE GEOLOGICA:**

indago srl
servizi e prospezioni del sottosuolo

**Indago S.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15/4 - 16154 GENOVA SESTRI
Sede operativa: Corso Italia 26, 18012 Bordighera (IM)
P.Iva: 0194550992 - Reg. Impr e C.F.: GE0194550992 - R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@indagosrl.it Skype: indagosrl

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
A.P. n. 134
AMPELIO VERRANDO
GEOLOGO
Data iscr. 03-07-1986

**PROGETTO:**

**LDA Studio**
*vico delle vele 7/2 - 16128 Genova*
*tel. 010.8567161 fax 010.42031123*
***www.LDA-Studio.com***

**Arch. Luca Dolmetta**
Ordine Architetti, PPC - Prov. GE n° 2794

# INDICE

1 PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO ..... 2

2 ANALISI DI COMPATIBILITA' CON LA NORMATIVA DI PIANO DI BACINO ..... 7

3 CARTA DI ANALISI ..... 8

3.1 Inquadramento geografico e geomorfologico ..... 8
3.2 Idrografia superficiale ..... 8
3.3 Inquadramento geologico e idrogeologico ..... 10

4 RILEVAMENTO GEOLOGICO-TECNICO ..... 11

4.1 Indagini geofische MASW ..... 11
4.2 Indagini geofische HVSR ..... 15
4.3 Elaborazione dati MASW e HVSR ..... 17
4.4 Risultati indagini ex-novo e indagini pregresse ..... 19

5 PERICOLOSITA' E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO - EFFETTI DI SITO ..... 21

5.1 Definizione della Pericolosità Sismica di base e degli eventi di riferimento ..... 21
5.2 Sismicità della Liguria Occidentale ..... 21
5.3 Zona sismogenetica ..... 22
5.4 Pericolosità sismica ..... 25
5.5 Classificazione sismica regionale del territorio comunale ..... 27
5.6 Caratterizzazione sismica del sottosuolo ..... 28

6 CARTA DI SINTESI ..... 35

6.1 Zonizzazione geologico-tecnica ..... 35

7 PROBLEMATICHE E NORME GEOLOGICO-TECNICHE DI ATTUAZIONE ..... 38

7.1 Indagini integrative ..... 38
7.2 Indirizzi metodologici e tecnico esecutivi inerenti scavi, riporti e regimazione delle acque ..... 38
7.3 Indirizzi metodologici e tecnico costruttivi in ordine alle opere di fondazione ..... 40
7.4 Norme relative al rischio idraulico ..... 41

8 CONCLUSIONI ..... 42

***Allegati***

ALL. 1 – Estratto Carta Ambiti Normativi e Carta delle Fasce Fluviali, scala 1:10.000

ALL. 1bis – Estratto Carta delle Fasce Fluviali, scala 1:10.000

ALL. 2A – Estratto Carta Suscettività al Dissesto (PdB Nervia – PdB Roja), scala 1:10.000

ALL. 2bis – Estratto Carta Suscettività al Dissesto (PdB Roja), scala 1:10.000

ALL. 1A-1B-1C-1D – Indagini MASW

ALL. 2A–2B-2C-2D-2E-2F – Indagini HVSR

***Elenco Tavole***

TAV. 1 – Carta geologico-tecnica, scala 1:5.000

TAV. 2 – Carta geomorfologica, scala 1:5.000

TAV. 3 – Carta Idrogeologica, scala 1:5.000

TAV. 4 – Carta delle indagini, scala 1:5000

TAV. 5 – Carta della zonizzazione geologico-tecnica, scala 1:5000

# 1 PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'indagine geologico tecnica facente parte delle ***varianti urbanistiche al PUC vigente del Comune di Ventimiglia connesse alla riconversione del Parco Ferroviario del Roja***, prevista dalla Legge Urbanistica Regionale vigente, è stata svolta in conformità alla disciplina emanata dalla Regione Liguria con circolare n° 77341/8706-2034 del 30 luglio 1987 e con circolare integrativa n° 004551 del 12 dicembre 1989, nonché ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Norme tecniche per le costruzioni" (DM 14-01-2008).

Considerando la morfologia dell'area i siti oggetto delle varianti sono da considerarsi, ai sensi della citata circolare R.L. n° 004551, di tipo AP (aree pianeggianti).

Nel Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico della Regione Liguria, per quanto riguarda l'Assetto Geomorfologico, l'area risulta disciplinata dal regime normativo di Modificabilità di tipo B (MO-B).

In particolare le Varianti Urbanistiche riguardano prevalentemente Aree Ferroviarie, non più utilizzate, sottoutilizzate o in via di dismissione che si intende riqualificare e bonificare.

Le aree oggetto di Variante fanno parte dell'**Accordo di Programma** tra Regione Liguria, Provincia di Imperia, Comune di Ventimiglia, Agenzia del Demanio, Ferrovie dello Stato Italiano S.p.A., Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. e FS Sistemi Urbani S.r.l. per la "Riconversione urbanistico-funzionale del Parco Roja ed aree connesse" promosso dall'Amministrazione Comunale di Ventimiglia; per il rapporto preliminare per lo svolgimento della Verifica di Assoggettibilità a VAS si fa esplicito riferimento agli elaborati redatti dall'Arch. Luca Dolmetta del LDA Studio, con sede in Vico delle Vele 7/2 nel Comune di Genova.

In base all'Accordo di Programma, il Parco Roja viene identificato come unico Distretto di Trasformazione, al cui interno sono identificati 4 settori di intervento da meglio specificare

attraverso SAU (*DT7A* – Commercio; *DT7B* – Produttivo; 2 settori per servizi pubblici *S25*), la cui riqualificazione, anche al fine del reperimento delle necessarie aree a standard, è strettamente connessa alle trasformazioni urbanistiche che interessano le altre aree S25 diffuse sul territorio di Ventimiglia. Pertanto per la trasformazione dell'intero DT7 del Parco del Roja occorre prevedere la trasformazione obbligatoria a servizi delle seguenti aree: Area Nord-Zona Stazione Bevera, Area a Ovest in località Baia Benjamin (non facente parte del presente rapporto in quanto non oggetto di Variante Urbanistica), Area a Nord della Stazione di Ventimiglia e Aree a Est (area Campasso).

Per l'attuazione del DT7 è facoltativa la contestuale trasformazione dell'area ex-lavaggio (classificata sempre con zona S25) per localizzare/reperire eventuali servizi pubblici che si rendessero necessari alla trasformazione del DT7.

All'interno dell'Accordo di Programma venfono quindi individuate 2 aree a servizi con le sigle S26 (zone a est e ovest della Stazione Ferroviaria) in quanto dismettibili e rifunzionabili a servizi pubblici per la città. L'attuazione di talle aree è indipendente dalla trasformazione del Parco Roja.

Di seguito vengono riportati sinteticamente i contenuti funzionali e qualitativi delle Varianti:

1. **Area nord – Zona Stazione Bevera → Polo Servizi S25**

Riclassificazione ambito A.RI.rds.32 del PUC vigente in zona a Servizi (di livello locale) disciplinata dall'art. 34 delle Norme Tecniche di Attuazione del PUC vigente per la conferma del parcheggio di utilizzo pubblico esistente (mappali 1500 e 1162 del F. 22). Non si prevedono quantità edificatorie.

Destinazione d'uso prevista: Parcheggio Pubblico

2. **Aree del Parco Roja → Distretto di Trasformazione DT7 e Polo Servizi S25**

Riconversione delle aree ferroviarie dismesse del Parco Ferroviario in sponda destra idraulica del fiume Roja per il riutilizzo delle stesse con nuove destinazioni servizi pubblici, attività commerciali e produttive.

Il Parco Ferroviario viene identificato come unico Distretto di Trasformazione, suddiviso in tre settori di intervento disciplinati da nuova normativa. Per l'intero Distretto di Trasformazione, propedeutica ad ogni trasformazione è la redazione di SAU unitario per definire l'assetto urbanistico di progetto.

In particolare per ciascun settore di intervento si prevedono le seguenti quantità e funzioni:

**2.1 Settore 7B (Settore Sud)**

Trasformazione di aree ferroviarie dismesse ad usi urbani mediante riconversione e valorizzazione degli spazi esistenti con inserimento di attività Commerciali non alimentari.

Riclassificazione aree ferroviarie disciplinate dall'art. 33 delle Norme Tecniche di Attuazione del PUC vigente con nuovo art. 31.a - contenuto delle schede prescrittive dei Distretti, delle NTA del PUC Vigente.

Destinazione d'uso prevista: Commercio al fine di insediare grandi superfici di vendita non alimentare relative a lotti minimi di 12.000 mq. E' possibile tuttavia procedere a interventi unitari che ricomprendano più lotti, anche al fine di insediare centri commerciali non alimentari.

**2.2 Settore 7B (Settore Nord)**

Trasformazione di aree ferroviarie dismesse ad usi urbani mediante riconversione e valorizzazione degli spazi esistenti con inserimento di attività produttive e commerciali.

Riclassificazione aree ferroviarie disciplinate dall'art. 33 delle Norme Tecniche di Attuazione del PUC vigente con nuovo art. 31.a - contenuto delle schede prescrittive dei Distretti, delle NTA del PUC Vigente.

Destinazione d'uso prevista: Caratterizzante è quella produttiva al fine di insediare imprese artigianali e industriali relative a lotti minimi pari a 7000 mq ( anche accorpabili fra loro), fatta eccezione per il lotto a nord di circa 20.800 mq destinato a piccole attività provenienti dal centro urbano da ricollocarsi con pezzature tra i 50 e i 400 mq sempreché compatibili.

**2.3 Settore a Servizi S25 (settore centrale)**

Trasformazione di aree ferroviarie dismesse ad usi urbani mediante riconversione e valorizzazione degli spazi esistenti con inserimento di un Polo a servizi.

Riclassificazione aree ferroviarie disciplinate dall'art. 33 delle Norme Tecniche di Attuazione del PUC vigente a zone a servizi disciplinate dall'art. 34 delle NdA.

Destinazione d'uso prevista: Servizi Pubblici.

3. **Zona a monte della Stazione Ferroviaria → Polo Servizi S25**

Trasformazione di aree ferroviarie dismesse ad usi urbani mediante riconversione e valorizzazione degli spazi esistenti con inserimento di servizi pubblici.

Riclassificazione aree ferroviarie disciplinate dall'art. 33 delle Norme Tecniche di Attuazione del PUC vigente a zona a Servizi disciplinate dall'art. 34 delle NdA.

Destinazione d'uso prevista: Servizi Pubblici.

4. **Zona Est (ex lavaggio) → Polo Servizi S25**

Trasformazione di aree ferroviarie dismesse ad usi urbani mediante riconversione e valorizzazione degli spazi esistenti con inserimento di un Polo a servizi, trasferimento del mercato coperto e realizzazione di area per mercato all'aperto dotata di servizi e riqualificazione e prosecuzione del polo archeologico di Nervia con inserimento di attività e servizi complementari.

Riclassificazione aree ferroviari disciplinate dall'art. 33 delle Norme Tecniche di Attuazione del PUC vigente a zona a Servizi disciplinate dall'art. 34 delle NdA.

Destinazione d'uso prevista: Servizi Pubblici.

5. **Zona Est (area Campasso) → Polo Servizi S25**

Migliorare puntualmente il livello della viabilità locale veicolare e ciclopedonale e la dotazione di parcheggi pubblici a servizio della città e del litorale.

La variante riguarda la normativa del DT6 "DISTRETTO DI TRASFORMAZIONE DELL'EX PARCO FERROVIARIO DISMESSO DELLA ZONA DI NERVIA CAMPASSO". Non si prevedono quantità edificatorie.

Destinazione d'uso prevista: Parcheggio pubblico e viabilità veicolare e ciclopedonale.

### 6. Zona a Est e Ovest della Stazione Ferroviaria → Polo Servizi S26

Trasformazione di aree ferroviarie dismesse ad usi urbani mediante riconversione e valorizzazione degli spazi esistenti con inserimento di un Polo a servizi.

Riclassificazione aree ferroviari disciplinate dall'art. 33 delle Norme Tecniche di Attuazione del PUC vigente a zona a Servizi disciplinate dall'art. 34 delle NdA edificatorie.

Destinazione d'uso prevista: Servizi Pubblici.

# 2 ANALISI DI COMPATIBILITA' CON LA NORMATIVA DI PIANO DI BACINO

Le aree d'intervento ricadono principalmente all'interno del Piano di Bacino del Fiume Roja, solo la zona dell'ex-lavaggio ricade all'interno del Piano di Bacino del Torrente Nervia: **non sono presenti porzioni di territorio ricadenti in zona soggetta a vincolo idrogeologico**.

Per quanto riguarda la "disciplina dell'assetto geomorfologico" l'area d'intervento sulla "carta della suscettività al dissesto dei versanti" viene individuata in **area a suscettività al dissesto MOLTO BASSA (Pg0)**.

Per quanto riguarda la "carta del reticolo idrografico" l'area d'intervento risulta attraversata da alcuni rii tombinati.

L'area d'intervento sulla "carta delle fasce fluviali" ricade nel settore della Stazione Ferroviaria in corrispondenza della **Fascia C – pericolosità idraulica bassa** individuata con il colore verde sul relativo estratto di carta del Piano di Bacino del Fiume Roja.

Gli interventi previsti sono quindi compatibili con la Normativa di Piano di Bacino del Fiume Roja e di Piano di Bacino del Torrente Nervia attualmente vigenti.

L'intervento tuttavia presenta tipologie costruttive vulnerabili (interrati) per cui andrà particolarmente curata la realizzazione di sistemi di pompaggio, griglie o dossi per la raccolta e la protezione dalle acque superficiali e meteoriche provenienti dalle rampe d'accesso; gli edifici inoltre saranno soggetto alle misure di protezione civile regionali e presenti nel Piano Comunale di emergenza con particolare riferimento agli avvisi di allerta meteo 2.

# 3 CARTA DI ANALISI

## 3.1 Inquadramento geografico e geomorfologico

L'area oggetto delle previsioni dello strumento urbanistico è ubicata sulla sponda sinistra del Fiume Roja, a monte della Stazione Ferroviaria di Ventimiglia e in prossimità della foce del Torrente Nervia. L'area di intervento è ubicata ad una quota compresa tra 25-35 m s.l.m. ad eccezione del settore ubicato in prossimità della foce del Torrente Nervia che si trova ad una quota compresa tra 5-10 m s.l.m.

Dal rilevamento sul terreno non sono emerse situazioni di instabilità manifesta all'interno delle aree ed in un suo adeguato intorno.

## 3.2 Idrografia superficiale

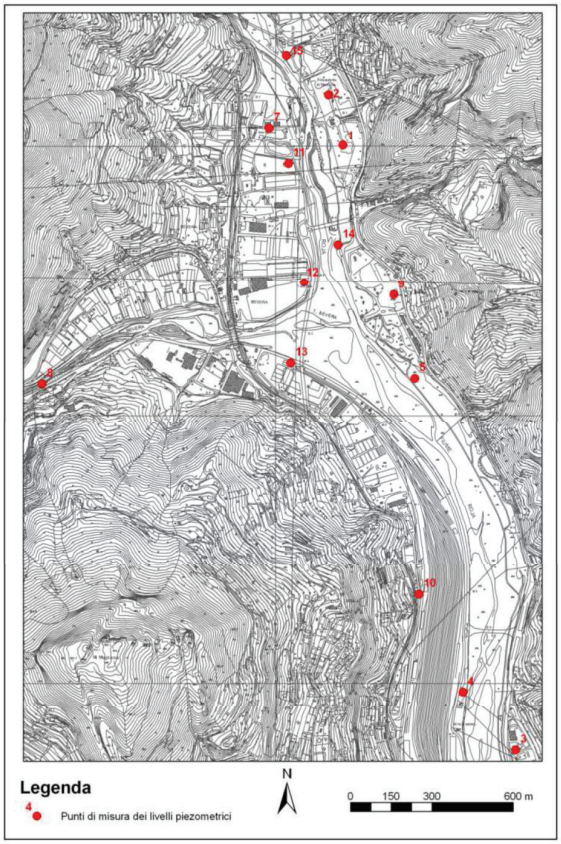
Nelle aree in studio le linee principali di scorrimento delle acque superficiali sono state rettificate e incanalate in tubazioni sotterranee al momento della realizzazione del Parco Roja e della linea ferroviaria Genova Ventimiglia.

In particolare osservando la Carta del Reticolo Idrografico, adottata dalla Regione Liguria con Delibera 1449 del 30 Novembre 2012, nel settore del Parco Roja vi è la presenza di due corsi d'acqua che scorrono rettificati a monte del Parco e quindi vengono incanalati nel Fiume Roja mentre l'area a monte della Stazione Ferroviaria viene attraversata con una tubazione dal Rio San Secondo e dal Rio delle Vacche.

Per quanto concerne le captazioni idriche presenti nel territorio si segnala che nel Parco del Roja ed in zone limitrofe sono presenti due pozzi di acqua potabile appartenenti alle grandi derivazioni, due pozzi di acqua potabile a altri tre pozzi di acqua per uso irriguo (ulteriori informazioni sono contenute nel ¶ 3.2 della Relazione redatta dall'Arch. Luca Dometta).

Ad oggi tutti i pozzi risultano attivi, in sponda destra e sinistra del Fiume Roja sono state rilasciate due concessioni per uso potabile ad AMAIE mentre l'ultima concessione, verso ovest, risulta in

capo ad una azienda agricola ("Captusmania" di Bruno Manera) ma non ha captazione per scopi alimentari e risulta inoltre esterna all'area d'intervento.




Riguardo alle grandi derivazioni l'A.M.A.I.E ha in gestione i pozzi n.4 e n.3 della figura di cui sopra.

Il pozzo n. 4, più prossimo al fiume, ha il fondo a quota -8,17 m.s.m. e la sommità a quota 16,13 m.s.m. e, quindi la sua profondità complessiva è di poco più di 24 m, mentre il suo diametro è di 3230 mm.

Il livello statico della falda considerato a progetto è 13,49 m.s.m. La portata ricavata da tale pozzo è quantificabile in circa 7 milioni di m3 di acqua all'anno.

Il Pozzo n. 10, più prossimo a via Gallardi (ma ad uso irriguo).

Per il pozzo ricadente nell'area di progetto sarà necessario quindi osservare le distanze previste dalla legge (Dlgs 152/2006 e ssmm.) che sono, per quanto attiene le zone di tutela assoluta, 10 metri

di raggio e per le zone di rispetto 200 metri di raggio dal punto di captazione o di derivazione (in quanto non si è provveduto a individuarle in maniera differente ai sensi dell'art. 94 comma 6 del Dlgs 152/2006).

### 3.3 Inquadramento geologico e idrogeologico

La porzione di territorio interessata dal presente studio è caratterizzataa da una litologia costituita prevalentemente da alluvioni mobili dei greti attuali e da alluvioni recenti, entrambe permabili per infilitrazione.

La granulometria prevalentemente ghiaiosa o sabbioso-limosa rappresenta gli episodi più recenti.
I depositi non sono di norma cementati, né presentano alcuna apprezzabile costipazione. La composizione dei clasti riflette esclusivamente i caratteri litologici del substrato roccioso presente in quota, e solo in parte, localmente, di quello pliocenico.

# 4 RILEVAMENTO GEOLOGICO-TECNICO

Il rilevamento è stato essenzialmente mirato a fornire, nell'ambito della indagine di fattibilità dello Strumento Urbanistico, una prima caratterizzazione sotto l'aspetto geologico dei terreni interessati dagli interventi edilizi previsti nella Variante Urbanistica, rimandando l'esecuzione di indagini più dettagliate alla fase di progettazione esecutiva delle strutture.

Si fa quindi riferimento aalle indagini pregresse effettuate nell'areale ed a indagini geofisiche effettuate ex novo consistenti in 4 MASW ed 8 misure di frequenza di risonanza dei terreni con tromografo.

Le indagini pregresse che sono state considerate ai fini del presente studio sono le seguenti:

- Progetto EUROBASSIN: profilo sismico a rifrazione denominato P4, nel quale l'orrizzonte sismico (trasversale al corso del Fiume Roja) presenta un assetto a monoclinale decisamente immergente verso Ovest;
- Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Ventimiglia: 5 indagini HVSR (MS1_P13, MS1_P14, MS1_P18, MS1_P21e MS1_P68) e 4 sondaggi geognostici (MS1_P5, MS1_P38, MS1_P39, MS1_P40).

I risultati delle indagini effettuate ex novo sono riportate rispettivamente negli allegati 1A-1B-1C-1D per quanto concerne le indagine MASW e negli allegati 2A-2B-2C-2D-2E-2F-2G per le misure di frequenza di risonanza dei terreni.

Ubicazione e tipologia delle indagini geognostiche sono riportate nella "Carta delle indagini" allegata al presente documento.

## 4.1 Indagini geofische MASW

DESCRIZIONE DEL METODO

L'interesse verso i metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde superficiali è cresciuto notevolmente negli ultimi anni, data la necessità di identificare le caratteristiche dei terreni in

condizioni dinamiche insieme al profilo verticale della velocità delle onde di taglio VS facendo ricorso a tecniche poco costose e non invasive. La recente Normativa sismica nazionale (OPCM 3274 del 2003 e successive modifiche ed integrazioni, DM 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni") riprendendo l'Eurocodice 8, definisce la classificazione sismica del sottosuolo in base al parametro VS30 per la progettazione in zona sismica. Tale parametro, che rappresenta la velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo, può essere calcolato facilmente una volta noti gli spessori degli strati presenti nei primi 30 metri di profondità e la velocità di propagazione delle onde S all'interno di ogni strato.

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più un'unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica come M.A.S.W. e Re.Mi. che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari, definendo per ogni strato i parametri rappresentativi.

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per il sito in esame. Quanto detto rappresenta il problema diretto: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh. Nella prospezione occorre invece affrontare il problema inverso: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

1. Acquisizione: registrazione e osservazione dei dati sismici contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;

2. Processing: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza;

3. Inversione: uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità.

E' importante distinguere fra loro i metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie in base al tipo di sorgente con la quale viene prodotta la perturbazione sismica da osservare.

A tale proposito si parla di metodi attivi (M.A.S.W.) e metodi passivi (Re.Mi.). Con la prima denominazione si indicano quei metodi nei quali il terreno è energizzato con una sorgente artificiale appositamente creata per registrarne la perturbazione. I metodi di indagine passivi, al contrario, non usano alcuna sorgente di energizzazione ma registrano un segnale di maggiore durata generato da qualsiasi tipo di attività, antropica e non.

In sostanza i microtremori generati dall'ambiente e in superficie, presenti soprattutto in contesti urbani, sostituiscono la sorgente puntuale rendendo possibili misure in siti particolarmente rumorosi.

La metodologia M.A.S.W. prevede l'acquisizione simultanea di molti canali, che aumentano la ridondanza statistica.

Il Re.Mi. è un metodo di prospezione sismica che viene classificato come metodo passivo in quanto utilizza il rumore ambientale. La strumentazione necessaria è la stessa del metodo MASW e della

più nota sismica a rifrazione; per registrare i microtremori si usa infatti un normale sismografo con uno stendimento di 12 o più geofoni verticali.

I vantaggi permessi da questi metodi sono molteplici:

1. è molto veloce e semplice da organizzare;

2. è molto economico rispetto ai metodi più invasivi;

3. raggiunge una buona profondità e risoluzione di indagine, ma soprattutto permette di ottenere migliori risultati in ambienti particolarmente urbanizzati.

DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando un sistema sismico digitale multicanale (SoilSpy Rosina) disposto sul terreno secondo un array lineare da **17 geofoni con spaziatura pari a 3.0 m**. SoilSpy Rosina è costituito da un cavo di trasmissione digitale dei dati lungo il quale sono disposti i moduli di amplificazione/digitalizzazione da collegare ai sensori (comunemente geofoni). Il principale vantaggio di questo strumento è che il segnale non si degrada lungo il cavo, il rapporto segnale/rumore è superiore a qualsiasi corrispondente analogico, non ci sono fenomeni di cross-talk e vi è sincronizzazione reale delle tracce.

Nell'esecuzione della prova M.A.S.W. attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking), inoltre è stato utilizzato un sistema unico di averaging, inversione di fase e revisione degli shot in sito.

La sorgente è stata posta ad una distanza di 3 m dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an MASW Survey", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione delle prove M.A.S.W. eseguite in situ:

- Unità di acquisizione sismografo SoilSpy "Rosina" a 25 bit distribuito da Micromed S.p.A.;
- 17 Geofoni verticali con $f_0$= 4.5 Hz e puntale per accoppiamento su terreni teneri;
- Alimentazione diretta da PC/Palmare;

- Spaziatura standar di 3 m tra i moduli;
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico;
- Tempo di pre-trigger: 1/16 s
- Tempo di registrazione: 4.0 s
- Frequenza di campionamento: 512 Hz
- Uscita dati in formato SEG-2 e TRC compatibile con il software Grilla distribuito da Micromed S.p.A.

## 4.2 Indagini geofisiche HVSR

DESCRIZIONE DEL METODO

Le misure sismiche H.V.S.R. o H/V (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) sono indagini geofisiche a stazione singola finalizzate alla caratterizzazione sismica di sito tramite la stima delle frequenze fondamentali di risonanza.

L'attuale normativa antisismica italiana ricalca l'Eurocodice 8, il quale a sua volta ha recepito in toto la normativa californiana, che prevede di fornire una base quantitativa per la classificazione dei suoli in termini di effetti di sito attraverso la determinazione della velocità delle onde S nei primi 100 piedi (30 metri nel sistema metrico decimale).

Le misure a stazione singola del tremore sismico portano, attraverso i rapporti spettrali, alla misura immediata della frequenza di risonanza del sottosuolo e con l'inversione delle misure H/V permettono di stimare in maniera rapida sia la stratigrafia superficiale che il Vs30.

Il metodo HVSR è una tecnica a stazione singola, si effettua cioè per mezzo di un singolo sismometro tricomponente a larga banda e alta sensibilità che viene posto sul terreno e campiona il rumore sismico per alcuni minuti.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione,rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori.

Le basi teoriche dell'H/V sono facilmente comprendibili in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (modellazione 1-D). Con questa configurazione si ricava la frequenza di risonanza (fr) dello strato relativa alle onde S: $f_r = V_{S1}/(4\,H)$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva H/V mostra come massimirelativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati (Castellaro, 2008). Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per il contenuto in frequenza, la risposta strumentale e l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della diffusione del metodo.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è però più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al disopra del bedrock si applica molto raramente. Inoltre la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D (Mulargia et al, 2008).

L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

Inoltre uno dei problemi principali di questa visione è che i microtremori sono solo in partecostituiti da onde di volume, P o S. Essi sono costituiti in misura molto maggiore da onde superficiali e in particolare da onde di Rayleigh, tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime.

DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è costituita da TROMINO® distribuito da Micromed S.p.A. che ottimizza la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze comprese tra 0.1 e 200 Hz, permettendo di raggiungere una risoluzione migliore di quella raggiunta dalle più recenti catene di sismometri fissi (in volta) e digitalizzatori.

I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. Le caratteristiche progettuali di TROMINO® consentono una accuratezza relativa maggiore di 10-4 sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz.

Il moto del terreno è amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale di tipo Flash. Da questa il segnale può essere trasferito ad un PC dove, mediante il codice di calcolo Grilla appositamente sviluppato, che archivia, analizza e permette la revisione del segnale.

### 4.3 Elaborazione dati MASW e HVSR

I dati sperimentali delle indagini MASW, acquisiti in formato SEG-2 e TRC, sono stati trasferiti su PC e per mezzo di una apposita interfaccia USB per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Grilla della Micromed S.p.A.).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo. L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

E' possibile la modellazione diretta di curve di dispersione della velocità di fase di onde di Rayleigh e onde di Love anche nei modi superiori per la modellazione delle Vs .

In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Il software Grilla contiene un modulo per il calcolo degli spettri di velocità di fase delle onde di superficie (tecniche ReMiTM, MASW,SPAC, ESAC ecc.) e la modellazione di curve di dispersione teoriche nel modo fondamentale e superiori, permette di creare virtualmente infiniti spettri di velocità a partire dalle registrazioni in continua effettuate da SoilSpy Rosina consentendo di distinguere diversi modi anche nell'indagine sismica passiva, operazione essenziale per una corretta interpretazione dei dati.

Inoltre permette di effettuare fit congiunti di curve H/V e curve di dispersione (vedi allegati 2 e 3).

I risultati ottenuti invece da un indagine HVSR sono i seguenti:

la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi;

la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

la velocità media delle onde di taglio Vs calcolata tramite un apposito codice di calcolo. E' necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prove penetrometriche, sondaggio, sismica a rifrazione, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. sarà quindi possibile calcolare la Vs30 e la relativa categoria del suolo di fondazione in ottemperanza delle NTC08;

stratigrafia del sottosuolo in un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità e con il dettaglio maggiore nei primi 30 m.

Tutte le analisi effettuate sono riportate in un report (contenente anche la tabella con i criteri di significatività del progetto SESAME del 2005) costituito da un documento in formato Word™.

CALCOLO DELLA VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.01.2008 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}.$$

dove Hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10\text{-}6$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

## 4.4 Risultati indagini ex-novo e indagini pregresse

SCHEMA RIASSUNTIVO DEI RISULTATI

**Indagini ex-novo**

| | |
|---|---|
| MASW 1 | Vs30 = 413 m/s |
| MASW 2 | Vs30 = 463 m/s |
| MASW 3 | Vs30 = 586 m/s |
| MASW 4 | Vs30 = 431 m/s |
| HVSR 1 | Frequenza risonanza = 2,47 Hz |
| HVSR 2 | Frequenza risonanza = 1,56 Hz |
| HVSR 3 | Frequenza risonanza = 3,08 Hz |
| HVSR 4 | Frequenza risonanza = 3,69 Hz |
| HVSR 5 | Frequenza risonanza = 3,12 Hz |
| HVSR 6 | Frequenza risonanza = 6,03 Hz |

| | |
|---|---|
| HVSR 7 | Frequenza risonanza = 1,51 Hz |

**Indagini Studi di Microzonazione Sismica di livello I**

| | |
|---|---|
| MS1_P5 | Stratigrafia: 0 – 4,7 riporto; 4,7 - 19,2 sabbie e ghiaie poco addensate; 19,2 - 20,0 substrato |
| MS1_P38 | Stratigrafia: 0 – 0,5 riporto; 0,5 – 12,0 sabbie e ghiaie poco addensate |
| MS1_P39 | Stratigrafia: 0 – 0,5 riporto; 0,5 – 12,0 sabbie e ghiaie poco addensate |
| MS1_P40 | Stratigrafia: 0 – 2,5 riporto; 2,5 – 12,0 sabbie e ghiaie poco addensate |
| MS1_P13 | Frequenza risonanza = 2,5 Hz |
| MS1_P14 | Frequenza risonanza = 3,5 Hz |
| MS1_P18 | Frequenza risonanza = 11,5 Hz |
| MS1_P21 | Frequenza risonanza = 2,0 Hz |
| MS1_P68 | Frequenza risonanza = 1,72 Hz |

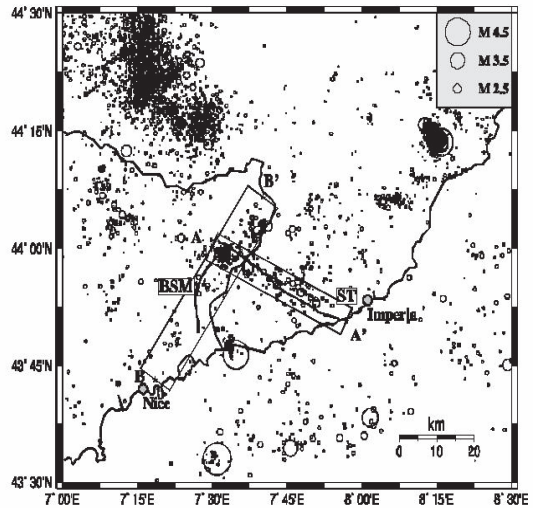
# 5 PERICOLOSITA' E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO - EFFETTI DI SITO

## 5.1 Definizione della Pericolosità Sismica di base e degli eventi di riferimento

La zonazione sismica di un territorio ha come scopo la definizione delle aree a maggiore probabilità di essere soggette a diversi livelli di scuotimento sismico. La scala a cui viene affrontato il problema va a definire due tipologie di zonazione: quella riferita alla pericolosità sismica a livello regionale viene detta macrozonazione sismica (quella riferita alla pericolosità sismica a livello locale viene detta invece microzonazione sismica).

## 5.2 Sismicità della Liguria Occidentale

Le aree a maggior attività sismica del settore ligure occidentale sono concentrate nella parte centrale del Mar Ligure e ad una o più fasce in corrispondenza della scarpata e del piede di scarpata continentale, mentre sulla terra emersa l'allineamento più significativo, con andamento NW-SE, si estende dalla costa sino al limite meridionale del Massiccio dell'Argentera (*Eva et al., 2000).*

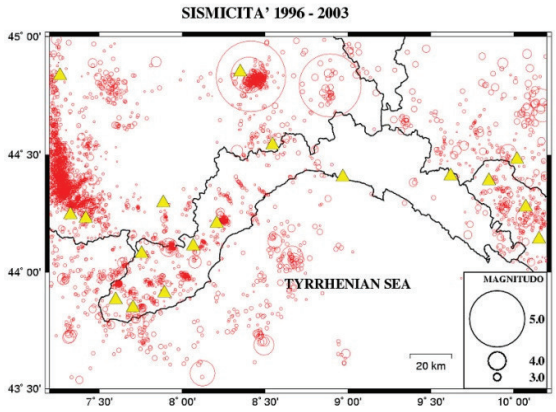



Mappa della sismicità strumentale per il periodo 1983-1999 (*Eva et al., 2000*)

L'allineamento a terra corrisponde alla cosiddetta linea Saorge-Taggia (ST in figura), un complesso fascio di faglie a trascorrenza destra, attiva dal Pliocene, che verso nord va ad intersecarsi con la linea Breil-Sospel-Monaco (BSM in figura), attiva dal Miocene medio-superiore e caratterizzata da trascorrenza sinistra.

La sismicità storica dell'area tende a concentrarsi nella parte meridionale della Saorge-Taggia in prossimità del Mar Ligure. I valori di intensità sono mediamente inferiori al VII grado nella parte centrale della linea ST e superiori a tale valore nella parte più a sud.

La sismicità strumentale (1985-1999) è caratterizzata da scosse di bassa energia e da brevi sequenze e va a disporsi in prevalenza lungo i due lineamenti BSM e ST, con una concentrazione a Ne della BSM e nel punto di intersezione tra i due sistemi di faglia (*Eva et al., 2000).*




Sismicità ligure nel periodo 1996-2003 (tratta dal sito *www.dipteris.unige.it/geofisica/*)

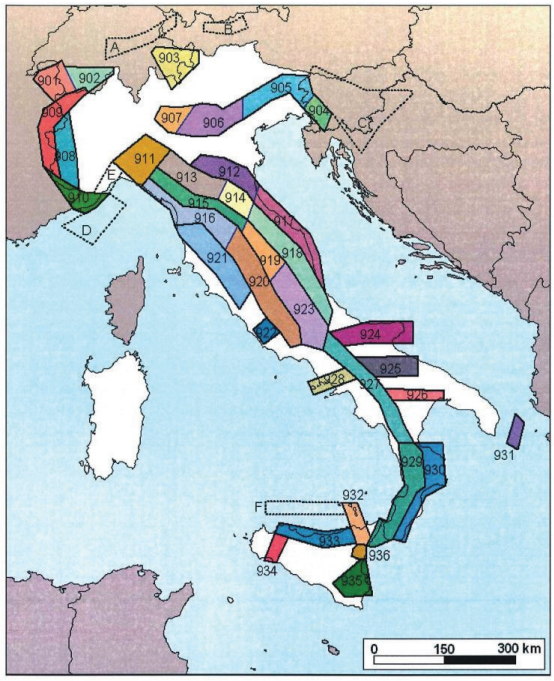
Il territorio della Provincia di Imperia quindi è interessato dalla sismicità dell'estremo ponente ligure sopra descritta.

## 5.3 Zona sismogenetica

In ottemperanza all' O.P.C.M. 3274/03 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha realizzato una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, chiamata ZS9, risultato di

modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone della precedente zonazione sismogenetica, la ZS4, e dell'introduzione di nuove zone.

In questa nuova zonazione il territorio comunale di Ventimiglia si trova collocato ai margini della zona sismogenetica 910, ex area 22 di ZS4; per tale zona il terremoto di riferimento è quello del 1887 (Liguria Occidentale, Mw 6.3 in CPTI2 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani).




Zonazione sismogenetica ZS9 del territorio italiano a cura dell'INGV

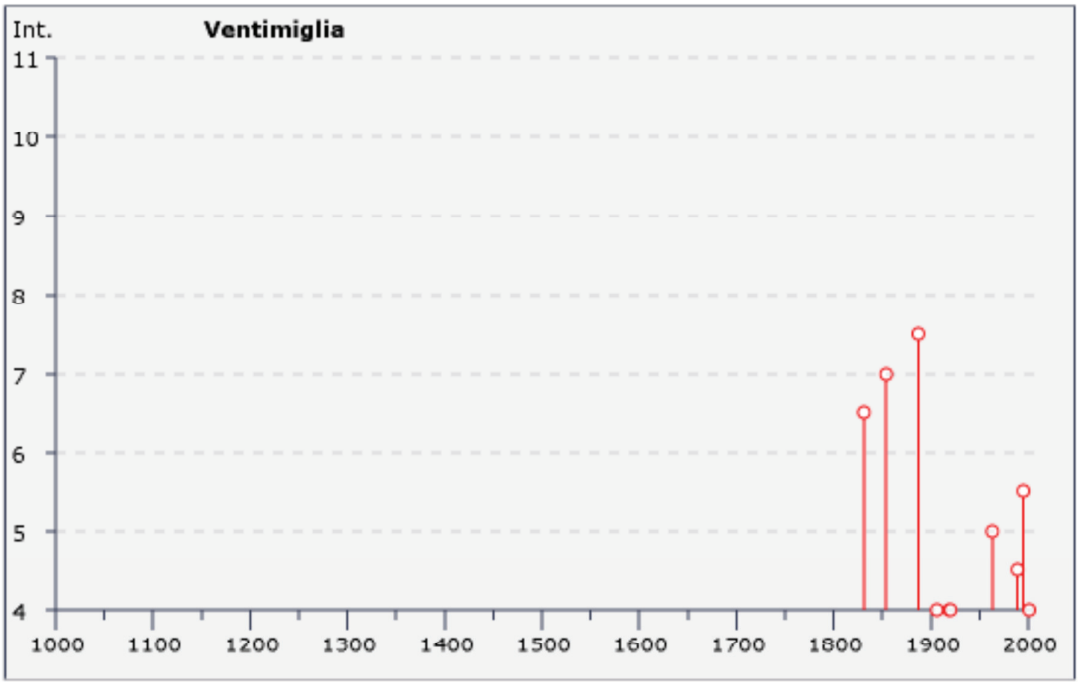
La zona 910 (22 in ZS4) è tuttora poco caratterizzata dal punto di vista sismo tettonico. Nonostante alcuni studi recenti (es. Eva et al. 2000, Larroque et al. 2001 e relativa bibliografia) ed il fatto che ad essa sia riferibile il forte terremoto del 1887 (Mw 6.29 in CPTI2). L'individuazione della sismicità storica e macrosismica dell'area è definita rispettivamente dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT11) e dal Database Macrosismico Italiano (DBMI11) redatti dall'INGV.

Di seguito vengono riportati i relativi dati tratti dal sito dell'INGV (Database Macrosismico Italiano DBMI11).

## Storia sismica di Ventimiglia [43.790, 7.608]

Numero di eventi: 11

| Effetti | In occasione del terremoto del: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| I[MCS] | Data | Ax | Np | Io | Mw |
| 6-7 | 1831 05 26 10:30 | Liguria occidentale | 33 | 8 | 5.46 ±0.36 |
| 7 | 1854 12 29 01:45 | Liguria occidentale-Francia | 86 | | 6.73 ±0.16 |
| 7-8 | 1887 02 23 05:2 | Liguria occidentale | 1516 | | 6.97 ±0.15 |
| 4 | 1906 08 11 10:00 | TAGGIA | 82 | 5 | 4.52 ±0.18 |
| 4 | 1919 11 28 21:38 | Alpi marittime | 24 | 5-6 | 4.90 ±0.25 |
| 4 | 1920 09 07 05:5 | Garfagnana | 756 | 10 | 6.48 ±0.09 |
| 5 | 1963 07 19 05:4 | Mar Ligure | 463 | | 6.02 ±0.14 |
| 4-5 | 1989 12 26 19:5 | Mar Ligure | 290 | | 4.60 ±0.22 |
| NF | 1993 07 17 10:35 | Finale Ligure | 336 | 5 | 4.51 ±0.10 |
| 5-6 | 1995 04 21 08:0 | Riviera di Ponente | 49 | | 4.21 ±0.22 |
| 4 | 2001 02 25 18:3 | Mar Ligure | 59 | | 4.50 ±0.09 |




[download]

## 5.4 Pericolosità sismica

Secondo l'approccio più comune, adottato anche dalla normative italiane, la pericolosità sismica di un sito viene indicata attraverso il valore di accelerazione orizzontale (PGA) che ha una determinata probabilità di essere superato in un intervallo di tempo.

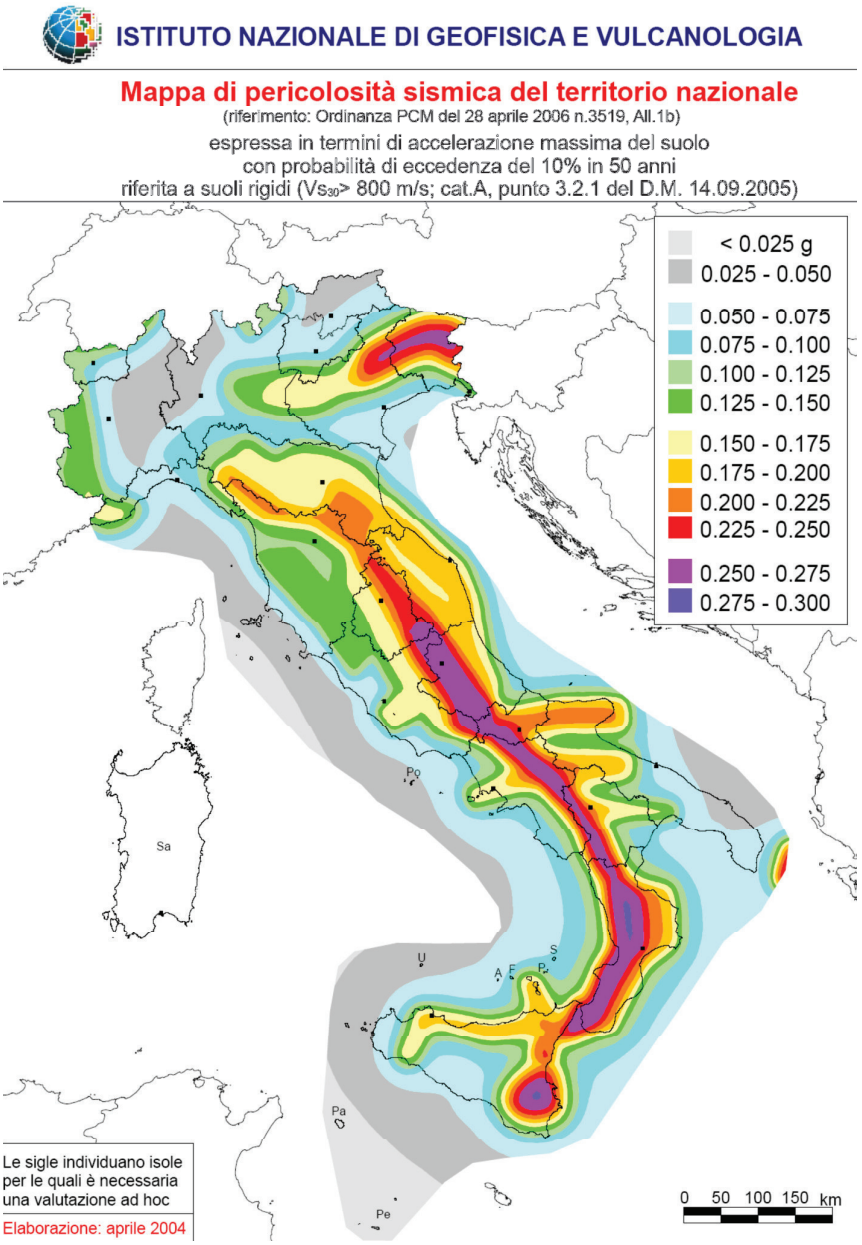
Con l'Ordinanza PCM 3274/2003 si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica secondo il metodo classico di probabilità indipendente dal tempo di Cornell. Tale metodo prevede l'individuazione delle sorgenti sismiche e la suddivisione del territorio in zone con supposta uniforme probabilità di essere epicentro di futuri terremoti. Per ciascuna zona viene calcolato il tasso medio di terremoti di una certa magnitudo e il passaggio da magnitudo alla sorgente ad accelerazione risentibile al sito è effettuato attraverso opportune leggi di attenuazione.

La probabilità di avere una certa PGA in un sito è data infine dal prodotto tra la probabilità condizionata di avere quella PGA da un terremoto di magnitudo M avvenuto a distanza R date e le probabilità indipendenti che si verifichino eventi di quella M a quella R, integrando su tutti i possibili valori di M e R e per tutte le sorgenti della zona.

Questo processo ha portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

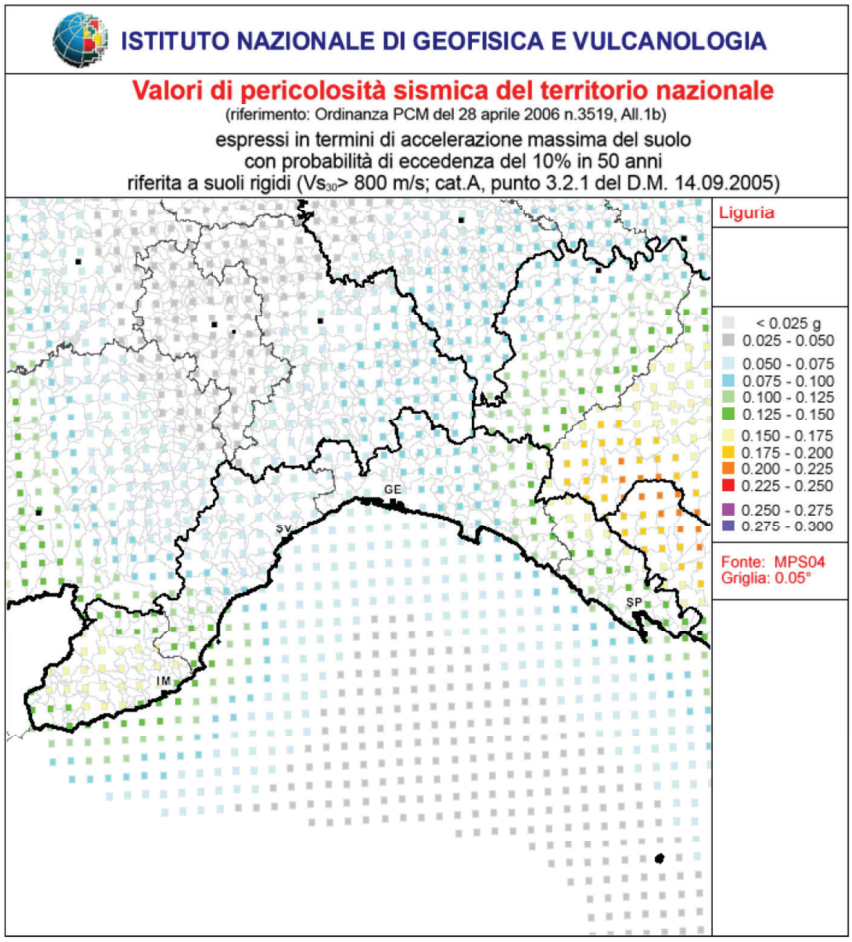
Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006.

I valori di scuotimento attesi al sito costituiscono anche l'azione sismica di riferimento per la progettazione secondo le Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC08) emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con il D.M. del 14 gennaio 2008 (G.U. n.29 del 04/02/2008).




Mappa Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale

Le mappe di pericolosità sismica sono state prodotte anche in scala regionale.




Al Comune di Ventimiglia come visibile sulle mappe precedenti e come dall'elenco Comuni contenute nell'Allegato7 alla OPCM viene assegnata una pericolosità espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni pari ad Ag = 0,139 corrispondente al colore verde scuro sulle mappe.

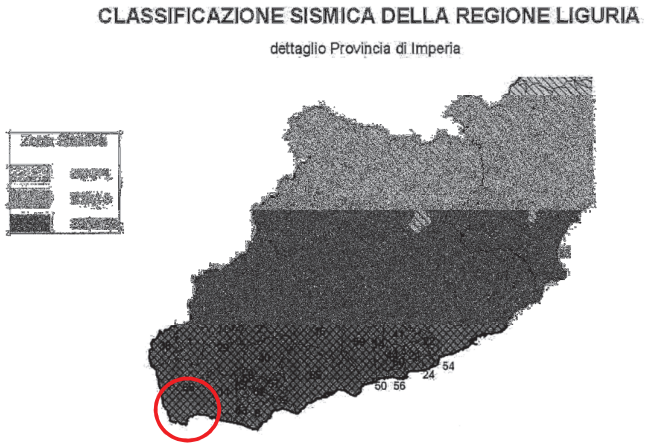
## 5.5 Classificazione sismica regionale del territorio comunale

Per quanto riguarda la Liguria, dopo l'ultimo aggiornamento effettuato dalla Regione con la D.G.R. n. 1362/2010, il territorio ligure viene suddiviso in una zona a molto bassa pericolosità sismica

denominata zona 4, in una zona a bassa pericolosità sismica denominata zona 3 e in una sottozona denominata 3S (di pericolosità maggiore della zona 3 – medio-bassa).

La DGR 1362/2010 "Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione" sulla base di una suddivisione per Comune assegna lo stesso grado di sismicità a tutto un territorio comunale.

A questo riguardo, il Comune di Ventimiglia ricade nella zona 3S,




Classificazione sismica della Regione Liguria, dettaglio della Provincia di Imperia, a seguito della D.G.R. n. 1362/2010 (il cerchio rosso evidenzia il Comune di Ventimiglia).

## 5.6 Caratterizzazione sismica del sottosuolo

### CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

Il DM 14-09-2005 e l' OPCM 3274/2003 ai fini della definizione della azione sismica di progetto definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

A - *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata cu>250 kPa).

C - *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (15 < NSPT < 50, 70 <cu<250kPa).

D - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti* , caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s (NSPT < 15, cu<70 kPa).

E - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s.

Per i terreni nell'area dalle risultanze delle indagini geofisiche effettuate (prove MASW), visto il modello geologico e per correlazione su terreni analoghi ai fini della definizione dell'azione sismica la categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione risulta IN PRIMA ANALISI essere la "**B**", con la relativa amplificazione sismica stratigrafica.

## CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Il DM 14-01-2008 stabilisce che per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; per configurazioni semplici si può adottare la seguente classificazione.

**Tabella 3.2.IV** – *Categorie topografiche*

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

**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 |

La situazione morfologica del sito d'intervento corrisponde alla categoria **T1.**

Non vi sono quindi prevedibili effetti di amplificazione topografica dell'azione sismica.

**La definizione dell'azione sismica di progetto dovrà essere effettuata in fase di progettazione esecutiva di ogni singola opera.**

**VERIFICA DELLE POSSIBILITA' DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE**

Lo studio di microzonazione sismica di livello 1 del Comune di Ventimiglia classifica i terreni oggetto della presente Variante Urbanistica come potenzialmente liquefacibili; tale studio di livello 1 ha valenza qualitativa e le zonizzazioni in esso contenute in merito a pericolosità ed amplificazione sismica a livello locale vanno confermate da studi di livello semiquantitativo (MS2) o quantitativo (MS3). Nel seguito pur rimandando studi più approfonditi ai livelli di progettazione di maggior definzione riferiti anche al singolo fabbricato si è proceduto in base alle indagini geofisiche eseguite ad una verifica a livello di macroarea delle potenzialità di liquefazione dei terreni.

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

I fenomeni di liquefazione interessano in genere depositi sabbiosi saturi e dipendono principalmente da: proprietà geotecniche dei terreni, caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata, genesi e storia geologica dei terreni.

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti.

Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far si che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi (maggior numero di cicli) alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Le NTC richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni del sito sul quale insiste un manufatto. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Prima della vera e propria verifica della suscettibilità di liquefazione le NTC propongono una griglia di casi per i quali il sito non presenta possibilità di liquefazione dei terreni; le NTC recitano:

"La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

*1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;*

*2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;*

*3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*

*4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*

*5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.*

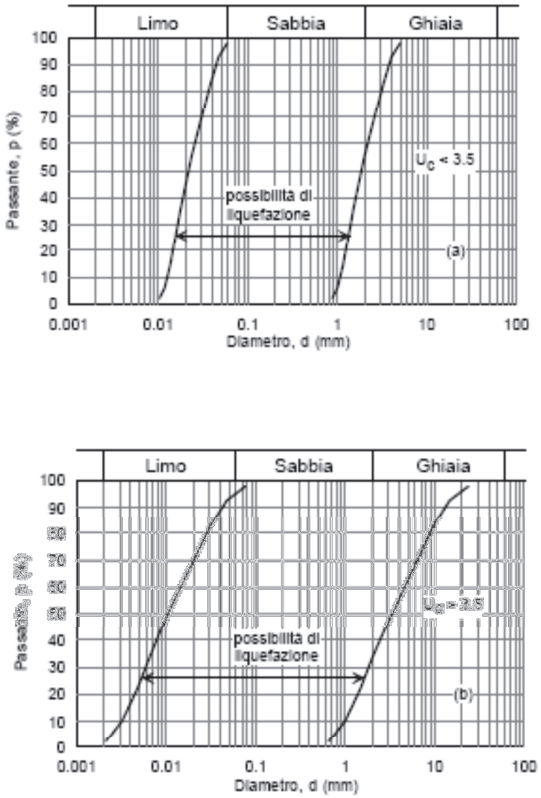



**Figura 7.11.1** – *Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.*

Quando nessuna delle condizioni precedenti "risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto (Fs) tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio.

La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

## VERIFICA AREA PARCO ROJA

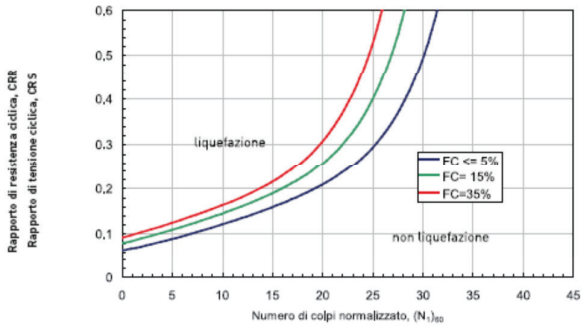
Nell'area Parco Roja sono state effettuate due indagini Masw (Masw 1 e Masw 2) per la definizione dell'andamento Vs/profondità; la verifica alla liquefazione è stata effettuata sulla base dei dati vs/profondità più superficiali e sfavorevoli contenuti nella Masw 1 (Vs 380 oltre 5 m di profondità-profondità falda superiore 5 m prof).

Per tali velocità (crescenti con la profondità) come dal seguente diagramma tratto dalle ICMS 2008 non sono prevedibili in prima analisi liquefazione dei terreni (perVs al di sopra di 210 m/s si ricade nel campo della non liquefazione).

## VERIFICA AREA STAZIONE FERROVIARIA

Nell'area Parco Roja sono state effettuate due indagini Masw (Masw 3 e Masw 4) per la definizione dell'andamento Vs/profondità; la verifica alla liquefazione è stata effettuata sulla base dei dati vs/profondità più superficiali e sfavorevoli contenuti nella Masw 1 (Vs 310 oltre 3 m di profondità-profondità falda superiore 3 m prof).

Per tali velocità (crescenti con la profondità) come dal seguente diagramma tratto dalle ICMS 2008 non sono prevedibili in prima analisi liquefazione dei terreni (perVs al di sopra di 210 m/s si ricade nel campo della non liquefazione).




$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

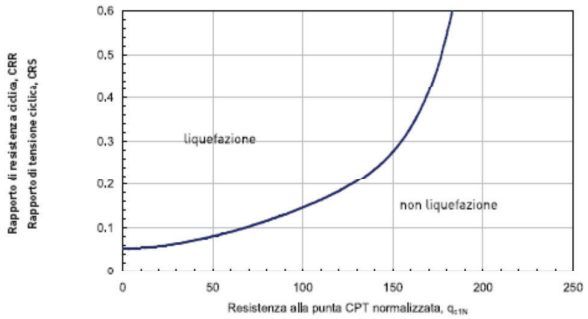
dove:

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v}\right)^{0.784 - 0.0768\sqrt{(N_1)_{60}}}$$

$C_N$ non deve superare il valore di 1,7

$p_a$ (pressione atmosferica ≡ 100 kPa) e $\sigma'_v$ sono espresse nelle stesse unità di misura

$C_E C_B C_R C_S = 1$

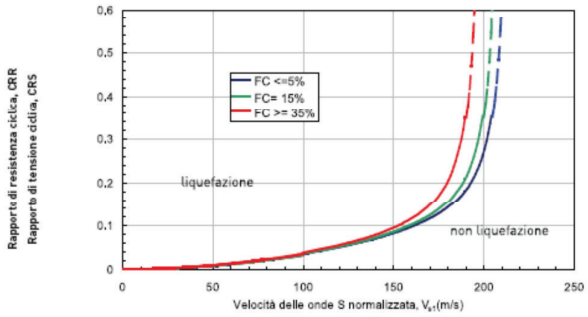



$$q_{c1N} = C_Q \frac{q_c}{p_a}$$

dove:

$p_a$ (pressione atmosferica di riferimento ≡ 100 kPa) e $\sigma'v$ sono espresse nelle stesse unità di misura

$$C_Q = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v}\right)^{1.338 - 0.294(q_{c1N})^{0.264}}$$




$$V_{s1} = C_V V_s$$

dove:

$p_a$ (pressione atmosferica di riferimento ≡ 100 kPa) e $\sigma'_v$ sono espresse nelle stesse unità di misura

$$C_V = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v}\right)^{0.25}$$

Figura 2.7-2 - Carte per la stima della resistenza normalizzata alla liquefazione *CRR* di un terreno sabbioso saturo in funzione della percentuale di fino FC e sulla base dei valori di $N_{SPT}$, $q_c$ e $V_s$ corretti.

**Per cui i terreni di substrato di fondazione in prima analisi dalle verifiche semiquantitative non risultano liquefacibili; saranno in ogni caso necessarie in fase di progettazione esecutiva di ogni singola opera le opportune verifiche quantitative.**

# 6 CARTA DI SINTESI

## 6.1 Zonizzazione geologico-tecnica

Sulla base del raffronto specifico e delle interferenze tra le condizioni e le caratteristiche del terreno, precedentemente descritte e visualizzate sulla carta di analisi, con opere, manufatti ed interventi previsti dalla Variante Urbanistica è stata operata una zonizzazione geologico tecnica delle aree interessate.

La zonizzazione operata fa specifico riferimento alle problematiche geologico tecniche individuate e alla tipologia delle eventuali ulteriori indagini geologiche e geotecniche necessarie per la fase esecutiva della progettazione delle strutture.

Sono state essenzialmente individuate tre zone a problematiche differenti che vengono riportate sulla allegata carta di sintesi, per quanto riguarda le modalità di esecuzione degli interventi e delle indagini geognostiche si rimanda alle "Norme geologico tecniche di attuazione ".

**Zona A**: ***zona soggetta a Riconversione delle aree ferroviarie dismesse con attività edificatoria legata a realizzazione di servizi pubblici, attività commerciali, attività produttive su substrato costituito da riporti antropici grossolani eterogenei e/o depositi alluvionali recenti (sabbie e ghiaie) → problematiche relative alla determinazione dei carichi ammissibili sul terreno, stabilità dei fronti di scavo, monitoraggio livello falda freatica, verifica alla liquefazione dei terreni, rischio idraulico.***

In queste aree sono previste sia nuova edificazioni che recupero delle edificazioni esistenti. Vista anche la morfologia pianeggiante dei luoghi i maggiori movimenti terra sono riferiti alla realizzazione di piani interrati.

Dovranno essere previste approfondite indagini e valutazioni geotecniche di supporto alla progettazione delle strutture al fine di definire i carichi ammissibili sul terreno in base alla tipologia e dimensioni delle fondazioni; dovrà essere valutata la sicurezza dei fronti di scavo e l'opportunità di adozione di opere provvisionali di sostegno dei fronti, specie in prossimità di edifici o

infrastrutture esistenti; dovranno essere valutate le problematiche esecutive derivate dall'eventuale intersezione degli scavi con la falda freatica. Dovrà essere verificata caso per caso la possibile liquefazione dei terreni di fondazione.

**Zona B**: z***ona soggetta a Riconversione delle aree ferroviarie dismesse senza attività edificatoria e di modesto impatto sui terreni (parcheggi a raso, piste ciclabili, viabilità, aree verdi ecc.) su substrato costituito da riporti antropici grossolani eterogenei e/o depositi alluvionali recenti (sabbie e ghiaie) → problematiche relative a opere manutentive di regimazione acque meteoriche e contenimento di eventuali piccoli rilevati o piccole scarpate.***

In queste aree non si riscontrano particolari problematiche geologico tecniche in relazione agli interventi previsti, per cui non saranno necessarie ulteriori e particolari approfondimenti delle indagini, andrà comunque fatta particolare attenzione alla regimazione delle acque meteoriche ed a eventuali movimenti di terreno; scavi o riporti andranno sempre contenuti da adeguate opere.

**Zona C**: z***ona soggetta a Riconversione delle aree ferroviarie dismesse senza attività edificatoria e di modesto impatto sui terreni (parcheggi a raso, piste ciclabili, viabilità, aree verdi ecc.) o con attività edificatoria legata a realizzazione di servizi pubblici, attività commerciali, attività produttive su substrato costituito da riporti antropici grossolani eterogenei e/o depositi alluvionali recenti (sabbie e ghiaie) → problematiche relative all'attraversamento dei corsi d'acqua significativi tombinati.***

In queste aree è necessario definire con precisione l'ubicazione dei corsi d'acqua interrati, bisognerà prevedere accurate indagini pre-scavo per una distanza pari ad almeno 10 m dalla presunta posizione dell'asse del corso d'acqua tombinato, così come rappresentato nella cartografia del reticolo idrografico adottata dalla Regione Liguria.

Con riferimento al **rischio idraulico** sulla carta di sintesi sono state riportate le fasce di inondabilità del Piano di Bacino del Fiume Roja nelle quali allo stato attuale si esplicano i vincoli e la normativa

evidenziate nel precedente paragrafo relativo all'analisi di compatibilità con il PdB.

# 7 PROBLEMATICHE E NORME GEOLOGICO-TECNICHE DI ATTUAZIONE

## 7.1 Indagini integrative

La progettazione esecutiva delle strutture nella zona A di realizzazione di nuove edificazioni e/o interventi sulle esistenti dovrà essere preceduta da indagini integrative volte ad approfondire la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo in modo da adeguare eventualmente l'opera alle situazioni riscontrate.

I mezzi di indagine saranno scelti caso per caso in relazione alla natura del terreno e alle finalità dell'opera.

Dovranno essere previste indagini atte a stabilire la stratigrafia e le qualità geomeccaniche della successione dei terreni fino a profondità adeguata al singolo intervento; a titolo indicativo si potrà ricorrere a pozzetti geognostici, prove penetrometriche dinamiche pesanti, carotaggi.

Per gli interrati occorrerà monitorare la profondità della falda attraverso attraverso l'installazione di piezometri nei fori di sondaggio.

Occorreranno ulteriori indagini geofisiche di sismica attiva e/o passiva riferite al sedime di ogni singolo fabbricato per stabilire le condizioni di risposta sismica locale.

## 7.2 Indirizzi metodologici e tecnico esecutivi inerenti scavi, riporti e regimazione delle acque

**Massime altezze e metodi di sbancamento**

Per la realizzazione dei fabbricati con interrato saranno necessarie consistenti opere di sbancamento con la creazione di fronti di scavo.

I fronti si svilupperanno in depositi per lo più incoerenti con possibile rinvenimento della falda freatica per scavi spinti a consistente profondità.

La stabilità delle pareti dello scavo necessario per la realizzazione dell'interrato, è legata alle caratteristiche geomeccaniche e di consistenza dei terreni interessati.

In presenza di materiali sabbio-ghiaiosi incoerenti o limosi poco coerenti, che costituiscono il

materiale di scavo, i**l fronte di scavo a parete verticale è da ritenersi instabile.**

Pertanto le pareti degli scavi dovranno avere un'inclinazione tale (pari all'angolo di riposo assunto dal materiale) da rimanere stabili, o laddove verticali dovranno essere sostenute da opere provvisionali di sostegno (palificate, palancole o diaframmi di calcestruzzo); lo scavo per campioni di un fronte a forte inclinazione è valutabile solo in sede di esecuzione lavori, e nel caso dovrà comunque avvenire per campioni di limitatissima ampiezza e l'imposta immediata dei paramenti, in modo da garantire l'immediato tamponamento del fronte.

Particolari precauzioni ed attenzioni dovranno essere seguite in prossimità delle infrastrutture ed eventuali edifici presenti al contorno.

La falda freatica per scavi spinti a consistente profondità potrà essere intercettata durante lo scavo; nel caso sarà necessario l'uso di pompe per il prosciugamento dei terreni. Le pompe dovranno essere munite di filtri in modo da non innescare fenomeni di instabilità dovuti all'aspirazione degli elementi più fini del terreno. L'uso di well point che presuppone una consistenza depressione della falda anche al contorno dovrà essere valutato in fase esecutiva anche in relazione alla presenza delle infrastrutture adiacenti.

**Sistemazioni di riempimenti rilevati e riporti.**

La realizzazione di viabilità parcheggi aree verdi e servizi prevede la sistemazione dei terreni con modesti movimenti terra.

Sarà comunque necessario realizzare tali manufatti garantendo le condizioni di stabilità con opportune opere di contenimento o con scarpate rinverdite ed inclinate di un angolo tale da conservarne la stabilità nel tempo.

**Riutilizzo del materiale di scavo in loco per riempimenti rilevati e riporti.**

Il materiale in posto costituito da depositi alluvionali grossolani più o meno alterati (miscele di ghiaie sabbie e limi) si presta al riutilizzo per realizzazione di riempimenti e rilevati; il materiale di riporto antropico messo in posto per il precedente utilizzo (parco ferroviario) presenta anch'esso

idonee caratteristiche granulometriche; tuttavia le indagini geognostiche dovranno accertare la presenza all'interno dei terreni riportati di materiale non naturale (sfridi di materiale edile ecc.) che dovranno essere smaltiti in maniera idonea; si segnala fin d'ora che la massicciata ferroviaria al di sotto dei binari presenta ballast in parte costituito da pietre verdi, contenenti amianto.

Il riutilizzo del materiale da scavo dovrà in ogni caso seguire le procedure stabilite dalle Vigenti Norme specifiche della materia.

**Criteri e metodi per la disciplina delle acque superficiali e sotterranee.**

La viabilità e le aree destinate a parcheggio dovranno essere corredate da adeguati dispositivi di raccolta e canalizzazione delle acque meteoriche, che congiuntamente a quelle provenienti dalle coperture degli edifici dovranno essere convogliate nella rete delle acque bianche esistente e di nuovo impianto. Laddove le canalizzazioni esistenti vengano interessate dagli interventi le stesse dovranno essere ripristinate anche in sito limitrofo ed eventualmente potenziate.

Per quanto riguarda la circolazione delle acque sotterranee gli interrati multipiano potranno intercettare la falda freatica.

In ogni caso non sono prevedibili danni o influenze degli interventi previsti sulla naturale circolazione delle acque sotterranee, viste sia le limitate profondità d'intervento sia la permeabilità dell'acquifero, per porosità, che non presenta linee preferenziali di infiltrazione sotterranea.

Per la captazione potabile esistente sarà comunque opportuno nel raggio di 200 metri dalla stessa evitare la realizzazione di interrati con scavi spinti fino al rinvenimento della falda.

La tipologia delle fondazioni dei fabbricati dovrà tener conto della profondità della falda nell'areale di ogni singolo intervento, i piani interrati dovranno essere adeguatamente impermeabilizzati.

### 7.3 Indirizzi metodologici e tecnico costruttivi in ordine alle opere di fondazione

In generale saranno da evitarsi fondazioni che interessino terreni di natura diversa e con reazioni diverse alle sollecitazioni prodotte dai carichi imposti.

Le valutazioni geotecniche a livello esecutivo dovranno fornire dati sulla omogeneità del terreno di fondazione di ogni singolo fabbricato e sui carichi ammissibili in modo da pervenire ad una corretta progettazione della profondità e della geometria della strutture fondazionali da adottare.

In prima analisi le fondazioni potranno essere impostate sui depositi sabbiosi di discrete caratteristiche geomeccaniche che garantiscono valori di portanza non elevati ma compatibili con gli interventi previsti.

La tipologia fondazionale di ogni singolo fabbricato dovrà dipendere anche dalla profondità dei livelli di falda tenendo conto delle massime oscillazioni.

Nei casi richiesti dalle Norme Tecniche per Le Costruzioni (DM 14-01-2008) andranno effettuate le opportune verifiche di liquefazione dei terreni riferite al sedime di ogni singolo fabbricato.

### 7.4 Norme relative al rischio idraulico

I Piani di Bacino del Fiume Roia e del Torrente Nervia, con riferimento al **rischio idraulico** individuano le fasce di inondabilità nelle quali allo stato attuale si esplicano vincoli e normative precedentemente evidenziate.

In tutte le aree d'intervento ricomprese nel Perimetro delle Varianti Urbanistiche che ricadono nella fascia C (piena 500ennale) gli interventi previsti andranno attuati con tipologie costruttive di attenuazione del rischio idraulico (installazione di stazioni di pompaggio negli interrati, griglie o dossi per la raccolta e la protezione dalle acque superficiali e meteoriche provenienti dalle rampe d'accesso, efficace realizzazione della rete di smaltimento acque bianche ecc.); aree ed edifici inoltre saranno soggetto alle misure di protezione civile regionali e presenti nel Piano Comunale di emergenza con particolare riferimento agli avvisi di allerta meteo2.

# 8 CONCLUSIONI

Gli interventi previsti dalle Varianti Urbanistiche in progetto sono compatibili con le caratteristiche geomorfologiche geologiche idrogeologiche e di pericolosità sismica dell'area.

Le opere in progetto, eseguite in base alle risultanze della presente "indagine geologico tecnica di fattibilità" e dei contenuti delle "norme geologico tecniche di attuazione", e con il necessario apporto di approfondimenti geologici geotecnici e di risposta sismica locale e relative prescrizioni a livello esecutivo, non pregiudicano la stabilità dei luoghi né vanno a compromettere naturali linee di drenaggio.

Gli interventi previsti nelle Varianti Urbanistiche proposte sono quindi da considerarsi **fattibili** dal punto di vista geologico tecnico.

Gli interventi risultano inoltre **compatibili** con la Normativa di Piano di Bacino Stralcio riferita alla cartografia approvata alla data della presente.

Genova (GE), li 19 Febbraio 2014





# INDAGINI GEOFISICHE

ALLEGATI E TABULATI

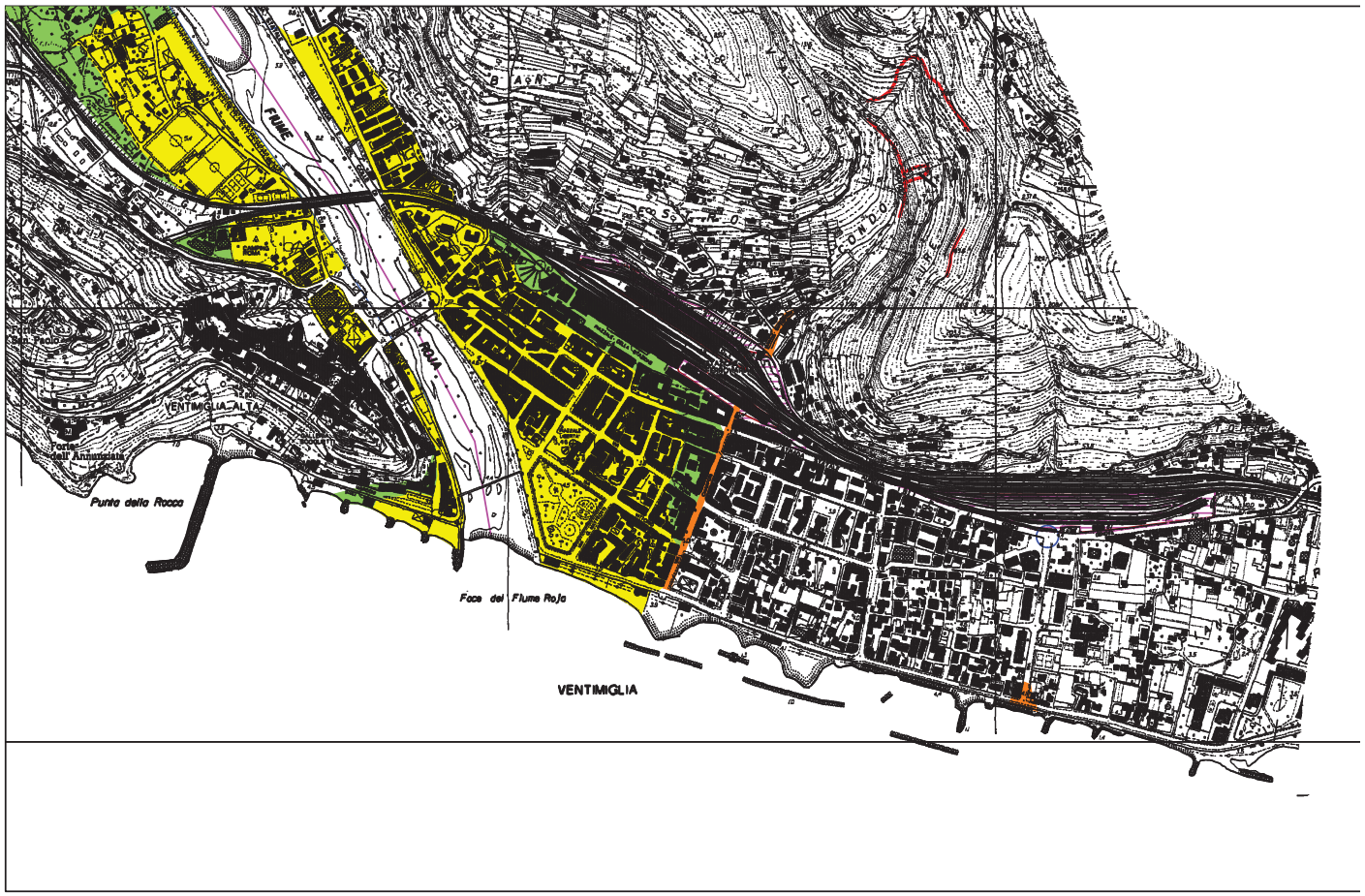
**Indago S.r.l.**
Sede legale: Genova Sestri 15-3, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

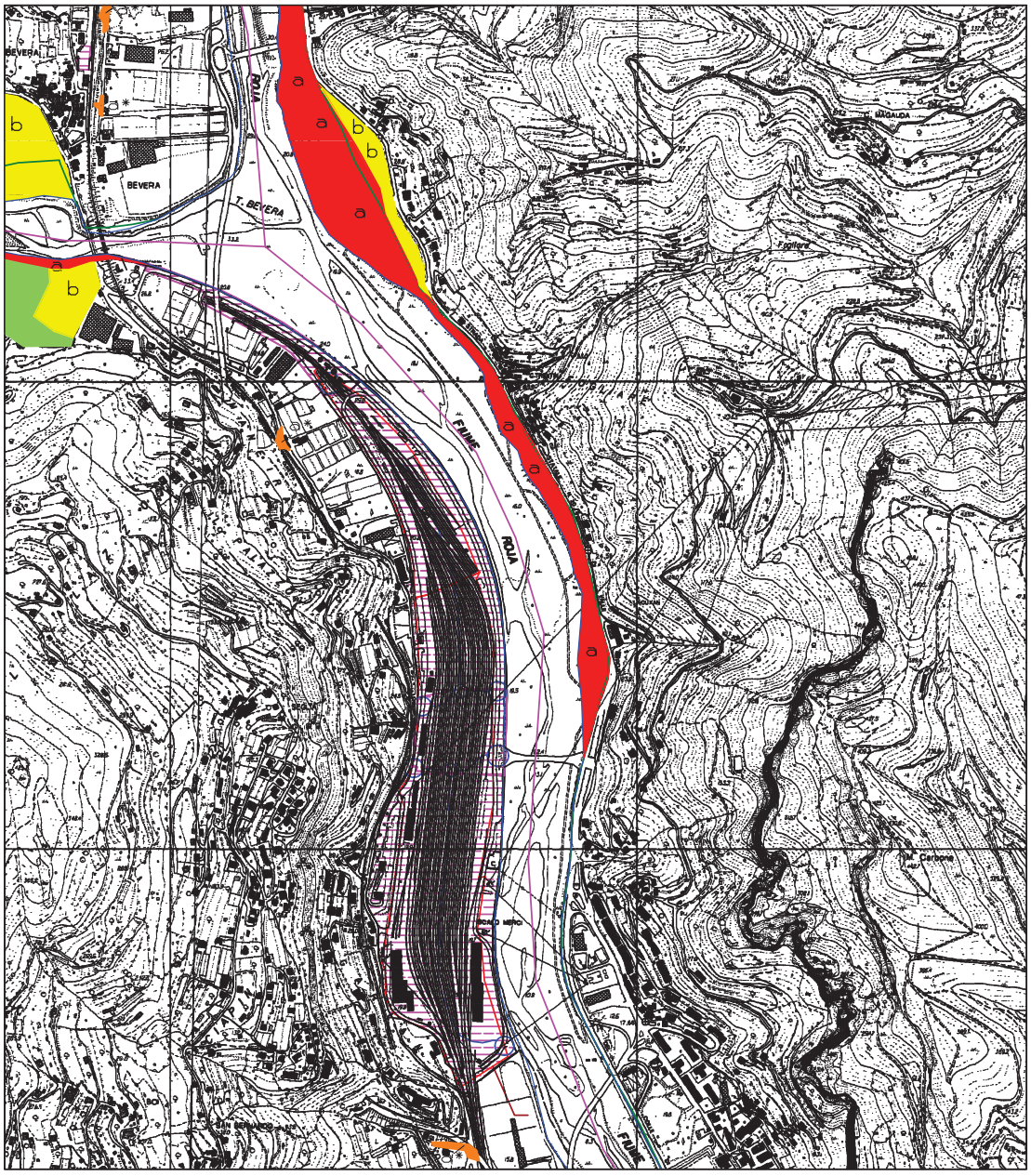



Allegato 1A
Estratto Carta Ambiti Normativi (P.d.B. Nervia)
Scala 1: 10.000

Aree oggetto di variante

Estratto Carta delle Fasce Fluviali (P.d.B. Roia)
Scala 1: 10.000



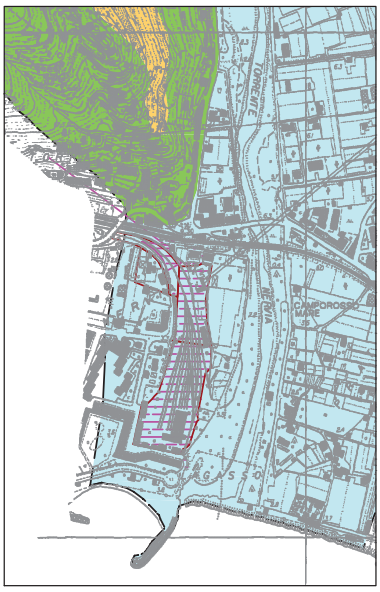



Allegato 1B

Estratto Carta delle Fasce Fluviali (P.d.B. Roia)

Scala 1: 10.000

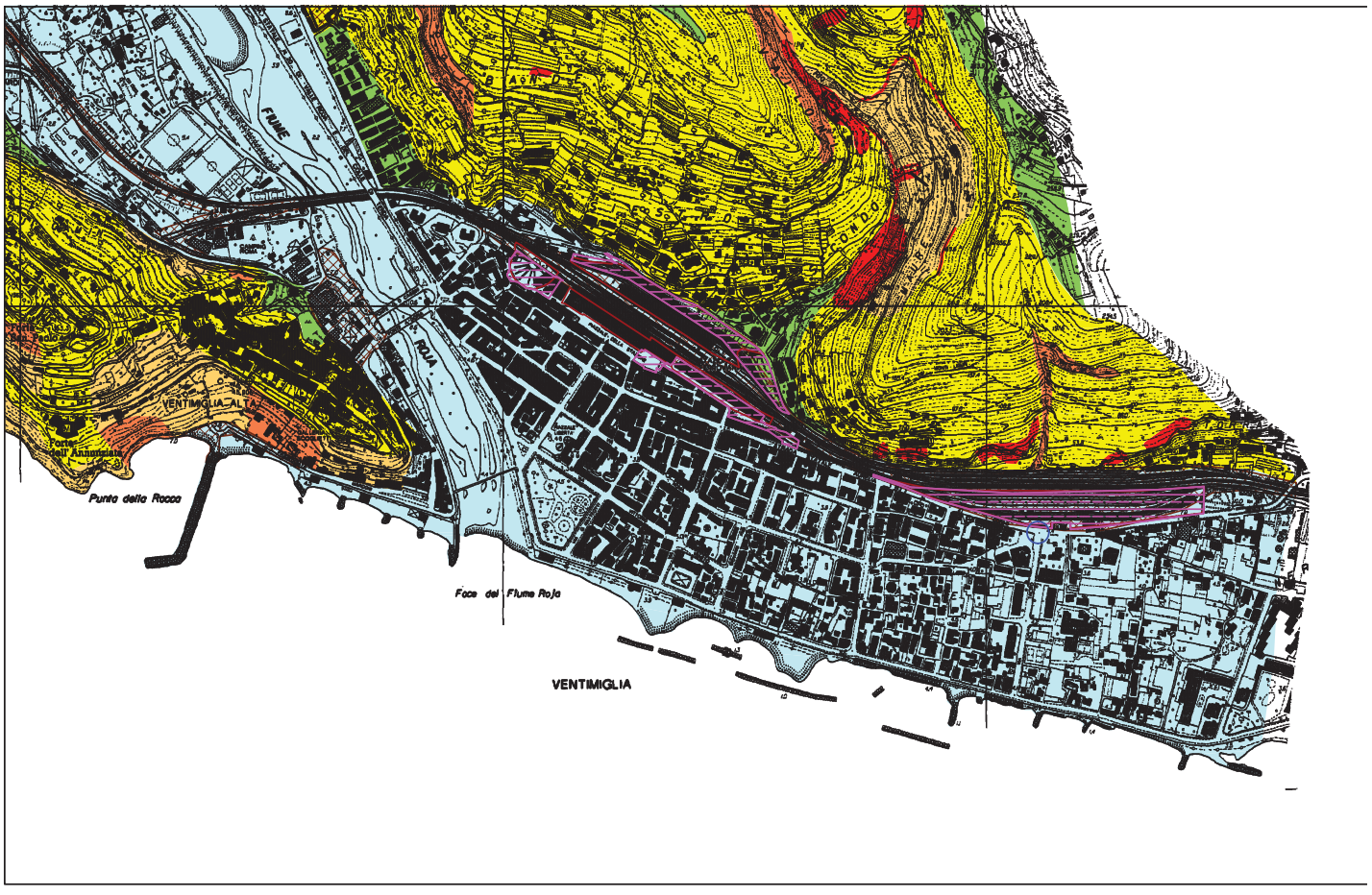
Aree oggetto di variante

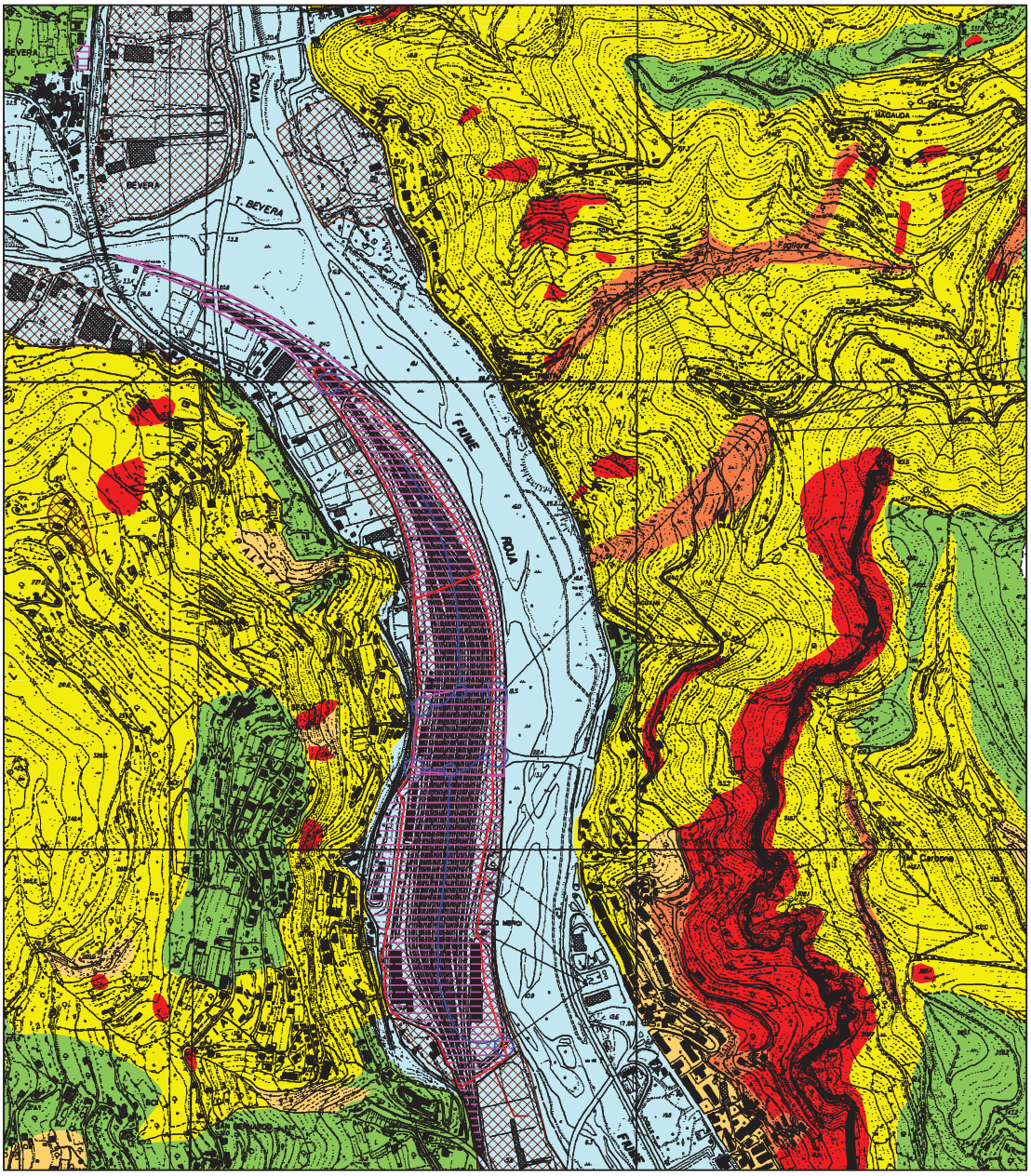


Allegato 2A
Estratto Carta Suscettività al Dissesto
(P.d.B. Nervia)
Scala 1: 10.000

Aree oggetto di variante

Estratto Carta Suscettività al Dissesto
(P.d.B. Roia)
Scala 1: 10.000






Allegato 2B
Estratto Carta Suscettività al Dissesto
(P.d.B. Roia)
Scala 1: 10.000

Aree oggetto di variante

**Comune di Ventimiglia (IM)**

**Committente: Comune di Ventimiglia**

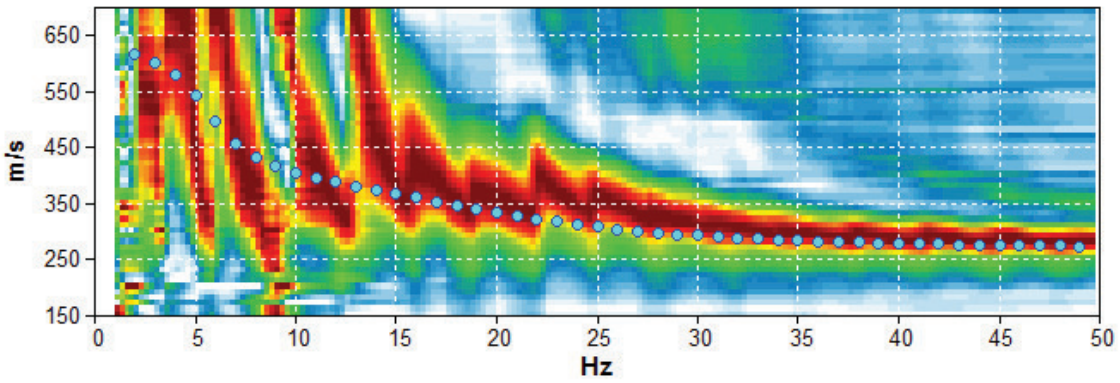
**Indagine MASW n°1**

Inizio registrazione: 11/02/14 10:48:32 Fine registrazione: 11/02/14 10:49:06
Durata registrazione: 0h00'04".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: TR01 +TR01 ; TR02 +TR02 ; TR03 +TR03 ; TR04 +TR04 ; TR05 +TR05 ; TR06 +TR06 ; TR07 +TR07 ; TR08 +TR08 ; TR09 +TR09 ; TR10 +TR10 ; TR11 +TR11 ; TR12 +TR12 ; TR13 +TR13 ; TR14 +TR14 ; TR15 +TR15 ; TR16 +TR16

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 m.

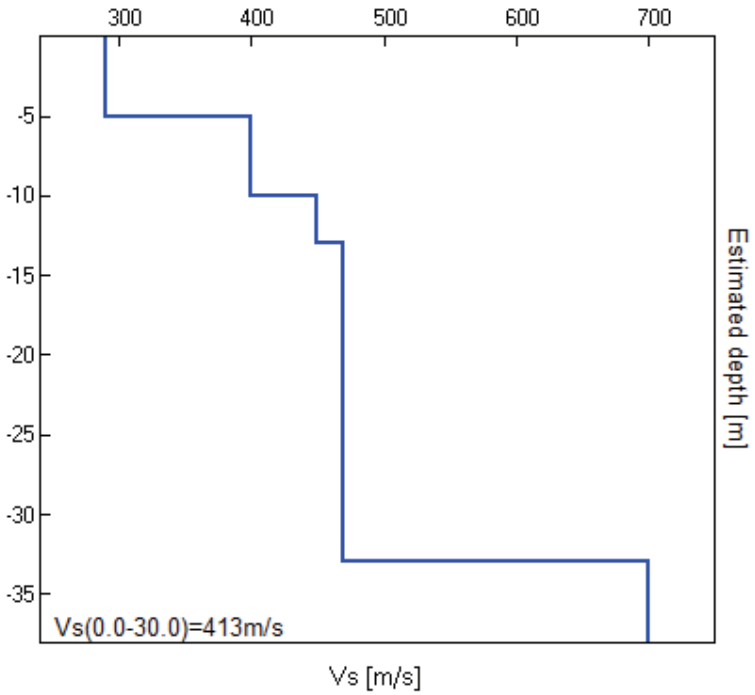
MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE




| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|---|---|---|---|
| 5.00 | 5.00 | 290 | 0.35 |
| 10.00 | 5.00 | 400 | 0.35 |
| 13.00 | 3.00 | 450 | 0.35 |
| 33.00 | 20.00 | 470 | 0.35 |
| inf. | inf. | 700 | 0.35 |

Vs(0.0-30.0)=413m/s

**Indago S.r.l.**
Sede legale: Genova Sestri 15-3, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl






**Indago S.r.l.**
Sede legale: Genova Sestri 15-3, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

**Comune di Ventimiglia (IM)**

**Committente: Comune di Ventimiglia**

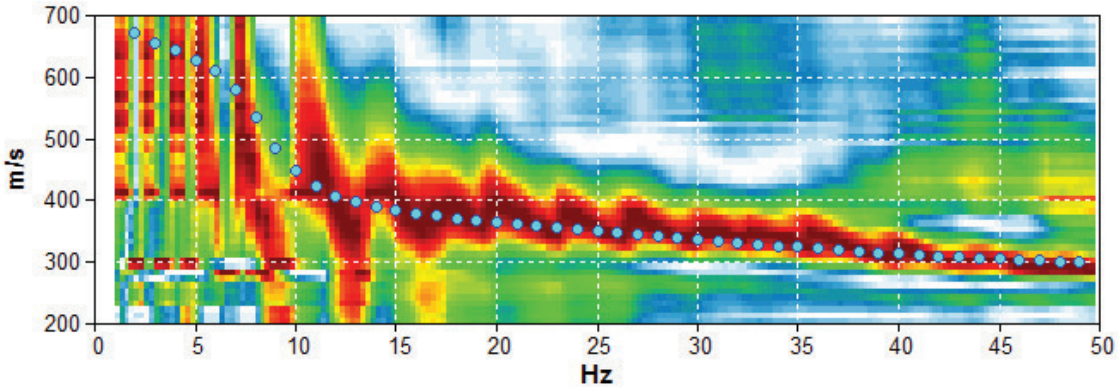
**Indagine MASW n°2**

Inizio registrazione: 11/02/14 11:34:05 Fine registrazione: 11/02/14 11:35:04
Durata registrazione: 0h00'08".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: TR01 +TR01 ; TR02 +TR02 ; TR03 +TR03 ; TR04 +TR04 ; TR05 +TR05 ; TR06 +TR06 ; TR07 +TR07 ; TR08 +TR08 ; TR09 +TR09 ; TR10 +TR10 ; TR11 +TR11 ; TR12 +TR12 ; TR13 +TR13 ; TR14 +TR14 ; TR15 +TR15 ; TR16 +TR16 ; TR17 +TR17

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 m.

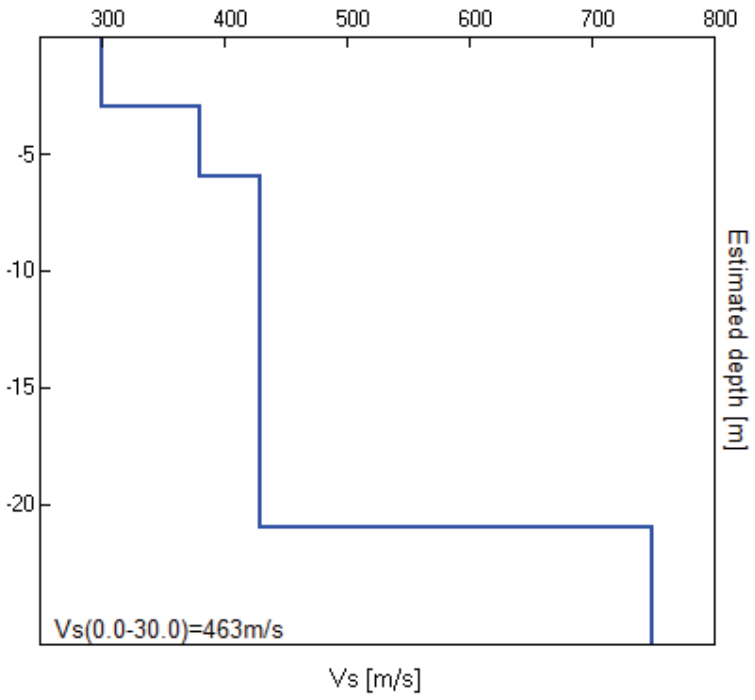
MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE




| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|---|---|---|---|
| 3.00 | 3.00 | 300 | 0.35 |
| 6.00 | 3.00 | 380 | 0.35 |
| 21.00 | 15.00 | 430 | 0.35 |
| inf. | inf. | 750 | 0.35 |

Vs(0.0-30.0)=463m/s

**Indago S.r.l.**
Sede legale: Genova Sestri 15-3, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl






**Indago S.r.l.**
Sede legale: Genova Sestri 15-3, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

**Comune di Ventimiglia (IM)**

**Committente: Comune di Ventimiglia**

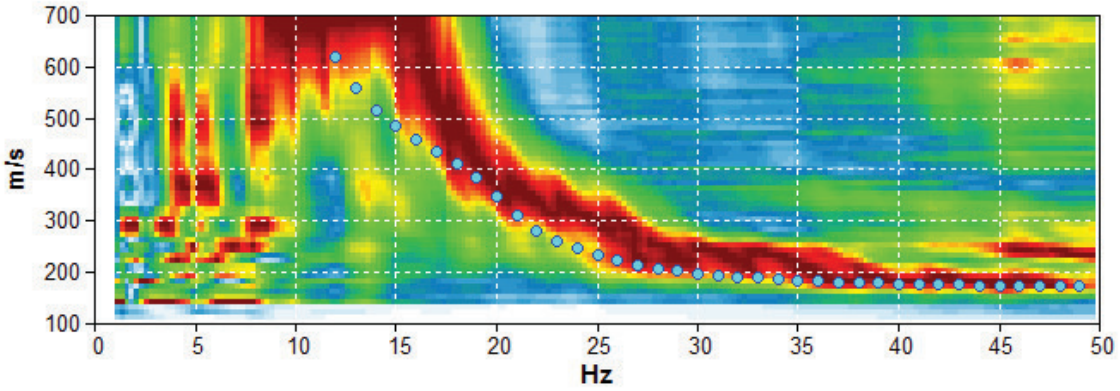
**Indagine MASW n°3**

Inizio registrazione: 11/02/14 12:56:09 Fine registrazione: 11/02/14 12:56:50
Durata registrazione: 0h00'04"
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: TR01 +TR01 ; TR02 +TR02 ; TR03 +TR03 ; TR04 +TR04 ; TR05 +TR05 ; TR06 +TR06 ; TR07 +TR07 ; TR08 +TR08 ; TR09 +TR09 ; TR10 +TR10 ; TR11 +TR11 ; TR12 +TR12 ; TR13 +TR13 ; TR14 +TR14 ; TR15 +TR15 ; TR16 +TR16 ; TR17 +TR17

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 m.

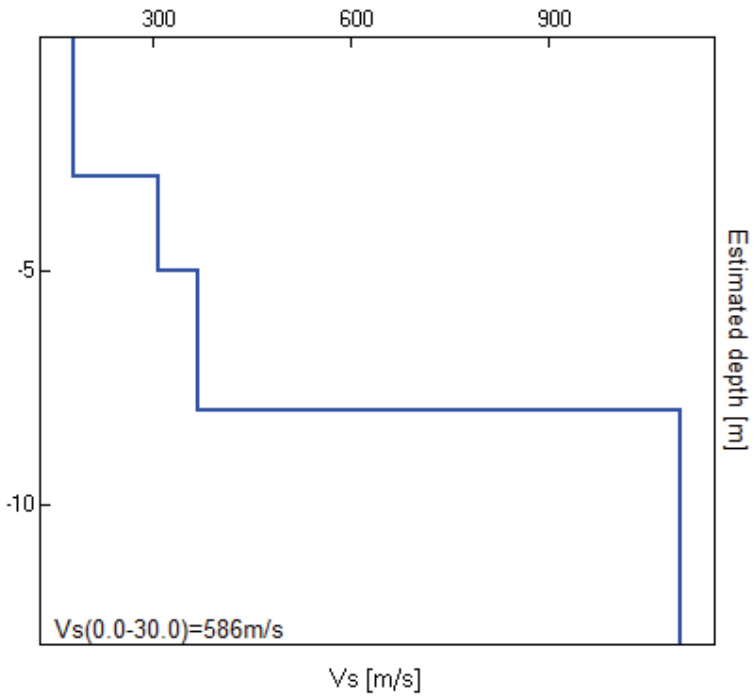
MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE




| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|---|---|---|---|
| 3.00 | 3.00 | 180 | 0.40 |
| 5.00 | 2.00 | 310 | 0.40 |
| 8.00 | 3.00 | 370 | 0.40 |
| inf. | inf. | 1100 | 0.35 |

Vs(0.0-30.0)=586m/s

**Indago S.r.l.**
Sede legale: Genova Sestri 15-3, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl






**Indago S.r.l.**
Sede legale: Genova Sestri 15-3, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

**Comune di Ventimiglia (IM)**

**Committente: Comune di Ventimiglia**

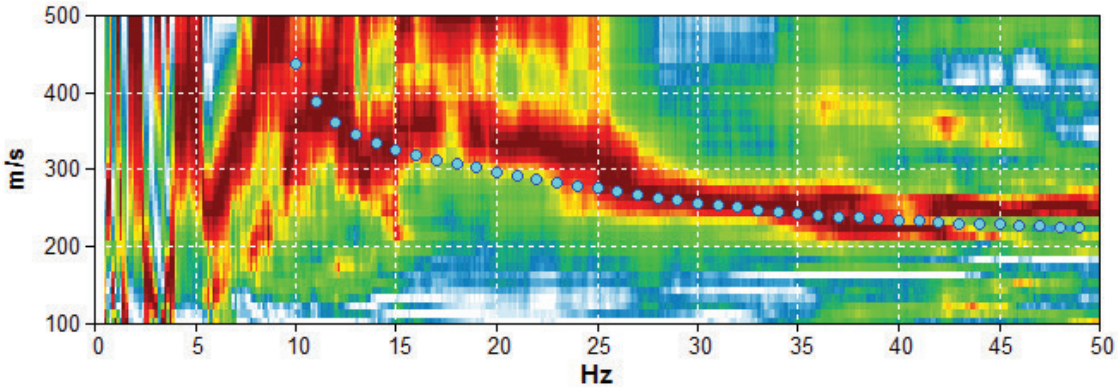
**Indagine MASW n°4**

Inizio registrazione: 11/02/14 15:19:57 Fine registrazione: 11/02/14 15:20:37
Durata registrazione: 0h00'04
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: TR01 +TR01 ; TR02 +TR02 ; TR03 +TR03 ; TR04 +TR04 ; TR05 +TR05 ; TR06 +TR06 ; TR07 +TR07 ; TR08 +TR08 ; TR09 +TR09 ; TR10 +TR10 ; TR11 +TR11 ; TR12 +TR12 ; TR13 +TR13 ; TR14 +TR14 ; TR15 +TR15 ; TR16 +TR16 ; TR17 +TR17

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 m.

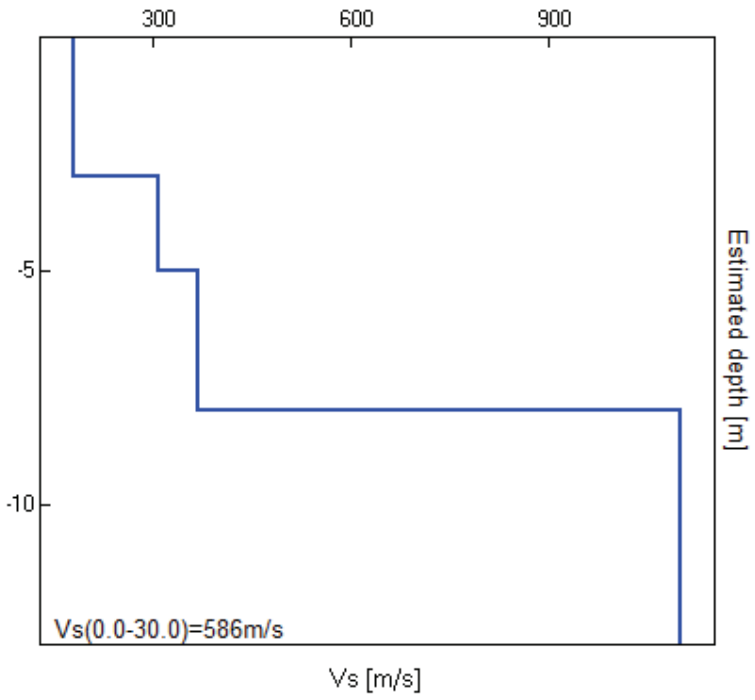
MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE




| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|---|---|---|---|
| 3.00 | 3.00 | 230 | 0.40 |
| 5.00 | 2.00 | 310 | 0.40 |
| 8.00 | 3.00 | 340 | 0.40 |
| 18.00 | 10.00 | 380 | 0.40 |
| inf. | inf. | 800 | 0.35 |

Vs(0.0-30.0)=431m/s

**Indago S.r.l.**
Sede legale: Genova Sestri 15-3, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl






**Indago S.r.l.**
Sede legale: Genova Sestri 15-3, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

**Comune di Ventimiglia (IM)**

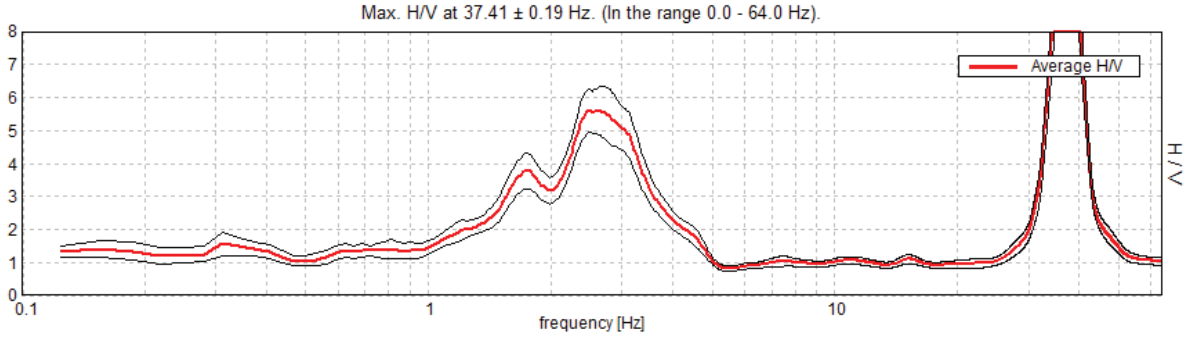
**Committente: Comune di Ventimiglia**

**Indagine HVSR n°1**

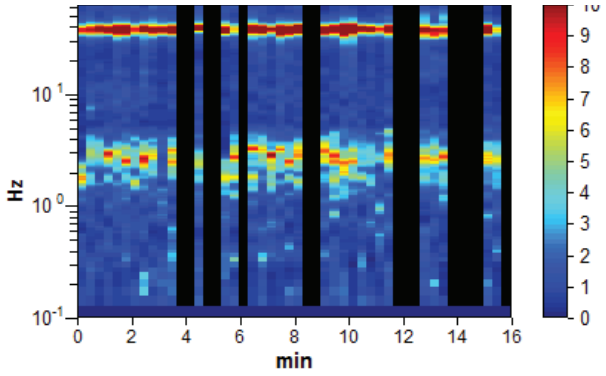
Strumento: TRZ-0089/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 02/03/00 18:09:58 Fine registrazione: 02/03/00 18:25:58
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 69% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

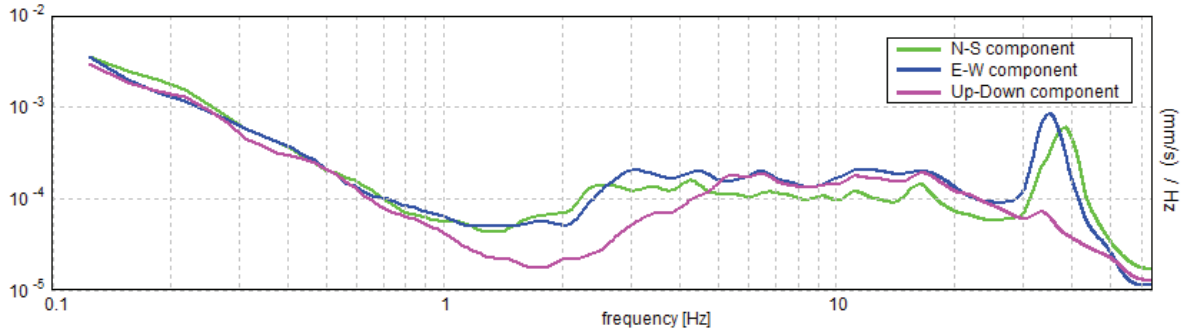



SERIE TEMPORALE H/V




**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI






**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a 37.41 ± 0.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

| **Criteri per una curva H/V affidabile** [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|---|---|---|---|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 37.41 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 24688.1 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz<br>$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz | Superato 0 volte su 1450 | OK | |
| **Criteri per un picco H/V chiaro** [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ \| $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 33.844 Hz | OK | |
| Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ \| $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 40.781 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 13.97 > 2 | OK | |
| $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | \|0.00517\| < 0.05 | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.19356 < 1.87031 | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.4923 < 1.58 | OK | |

| | |
|---|---|
| $L_w$ | lunghezza della finestra |
| $n_w$ | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| $f$ | frequenza attuale |
| $f_0$ | frequenza del picco H/V |
| $\sigma_f$ | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| $A_0$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$ |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| $f^-$ | frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| $f^+$ | frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{logH/V}(f)$ | deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

**Comune di Ventimiglia (IM)**

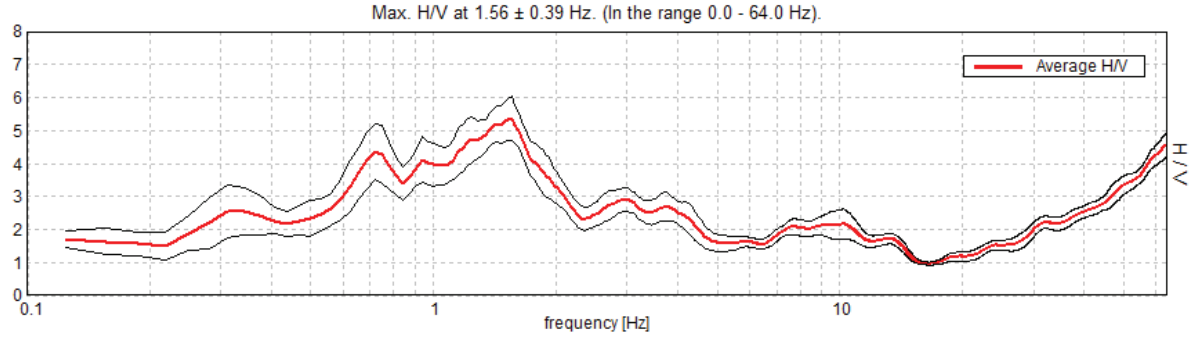
**Committente: Comune di Ventimiglia**

**Indagine HVSR n°2**

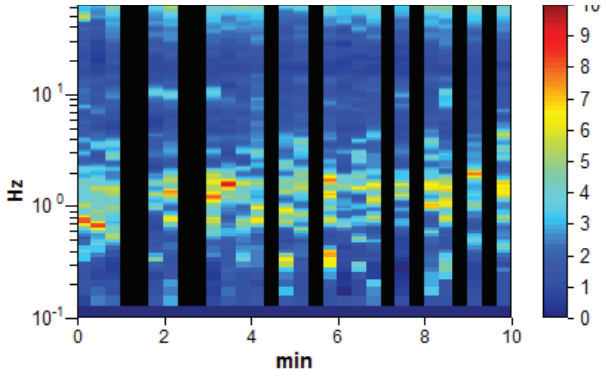
Strumento: TRZ-0089/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 02/03/00 18:35:40 Fine registrazione: 02/03/00 18:45:40
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 67% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

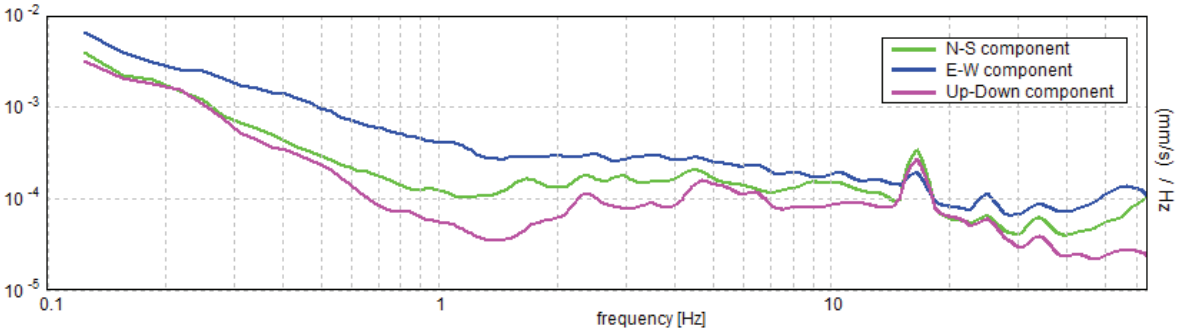



SERIE TEMPORALE H/V




**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it; info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI






**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it; info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a 1.56 ± 0.39 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

| **Criteri per una curva H/V affidabile** [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|---|---|---|---|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 1.56 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 625.0 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz<br>$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz | Superato 0 volte su 76 | OK | |
| **Criteri per un picco H/V chiaro** [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ \| $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.563 Hz | OK | |
| Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ \| $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 2.219 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 5.37 > 2 | OK | |
| $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | \|0.25171\| < 0.05 | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.1433 < 0.15625 | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.6624 < 1.78 | OK | |

| | |
|---|---|
| $L_w$ | lunghezza della finestra |
| $n_w$ | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| $f$ | frequenza attuale |
| $f_0$ | frequenza del picco H/V |
| $\sigma_f$ | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| $A_0$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$ |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| $f^-$ | frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| $f^+$ | frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{logH/V}(f)$ | deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it; info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

**Comune di Ventimiglia (IM)**

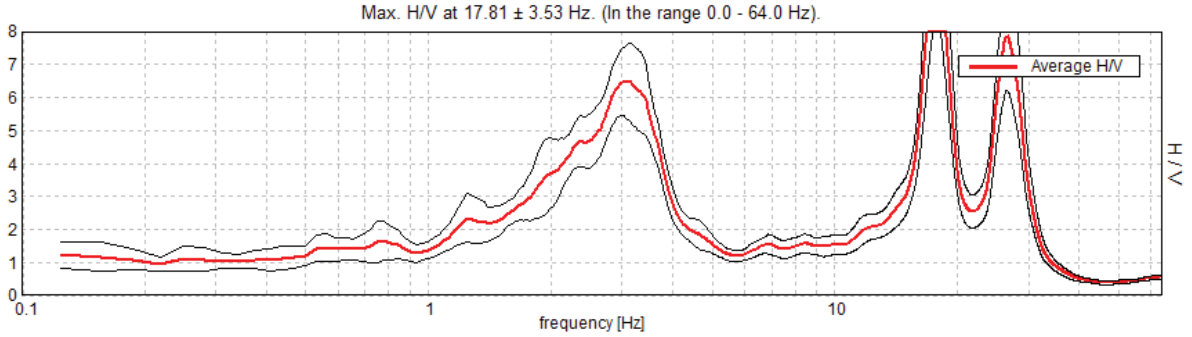
**Committente: Comune di Ventimiglia**

**Indagine HVSR n°3**

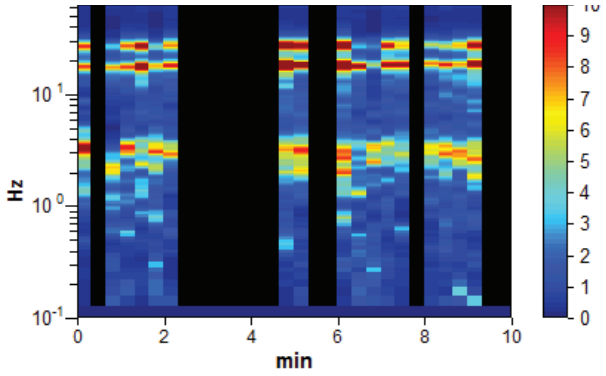
Strumento: TRZ-0089/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 02/03/00 18:53:18 Fine registrazione: 02/03/00 19:03:18
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 57% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

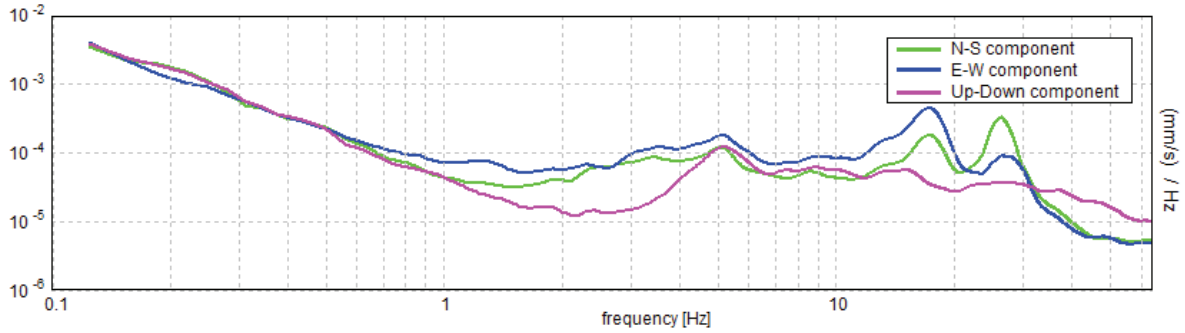



SERIE TEMPORALE H/V




**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI






**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a 17.81 ± 3.53 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

| **Criteri per una curva H/V affidabile** [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|---|---|---|---|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 17.81 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 6056.3 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz<br>$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz | Superato 34 volte su 856 | | NO |
| **Criteri per un picco H/V chiaro** [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 16.156 Hz | OK | |
| Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 19.594 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 10.42 > 2 | OK | |
| $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | \|0.19795\| < 0.05 | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 3.52598 < 0.89063 | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.4689 < 1.58 | OK | |

| | |
|---|---|
| $L_w$ | lunghezza della finestra |
| $n_w$ | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| $f$ | frequenza attuale |
| $f_0$ | frequenza del picco H/V |
| $\sigma_f$ | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| $A_0$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$ |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| $f^-$ | frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| $f^+$ | frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{logH/V}(f)$ | deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

**Comune di Ventimiglia (IM)**

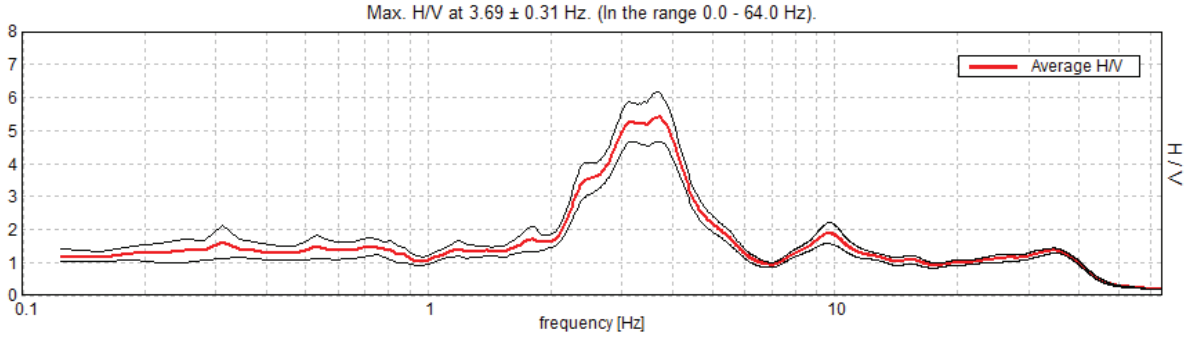
**Committente: Comune di Ventimiglia**

**Indagine HVSR n°4**

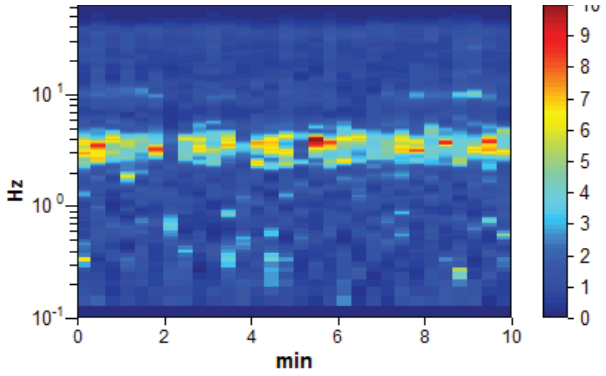
Strumento: TRZ-0089/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 02/03/00 19:08:12 Fine registrazione: 02/03/00 19:18:12
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

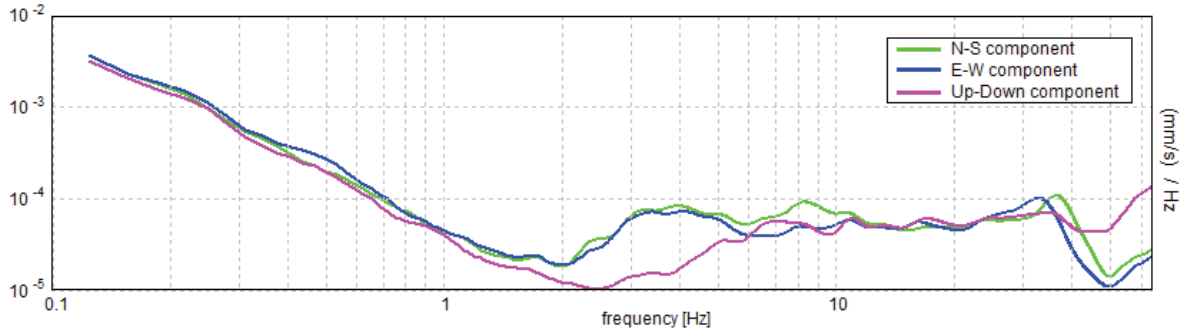



SERIE TEMPORALE H/V




**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI






**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a 3.69 ± 0.31 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

| **Criteri per una curva H/V affidabile** [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|---|---|---|---|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 3.69 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 2212.5 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz<br>$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz | Superato 0 volte su 178 | OK | |
| **Criteri per un picco H/V chiaro** [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ \| $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 2.25 Hz | OK | |
| Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ \| $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 4.625 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 5.42 > 2 | OK | |
| $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | \|0.04394\| < 0.05 | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.30952 < 0.18438 | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.7526 < 1.58 | OK | |

| | |
|---|---|
| $L_w$ | lunghezza della finestra |
| $n_w$ | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| $f$ | frequenza attuale |
| $f_0$ | frequenza del picco H/V |
| $\sigma_f$ | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| $A_0$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$ |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| $f^-$ | frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| $f^+$ | frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{logH/V}(f)$ | deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

**Comune di Ventimiglia (IM)**

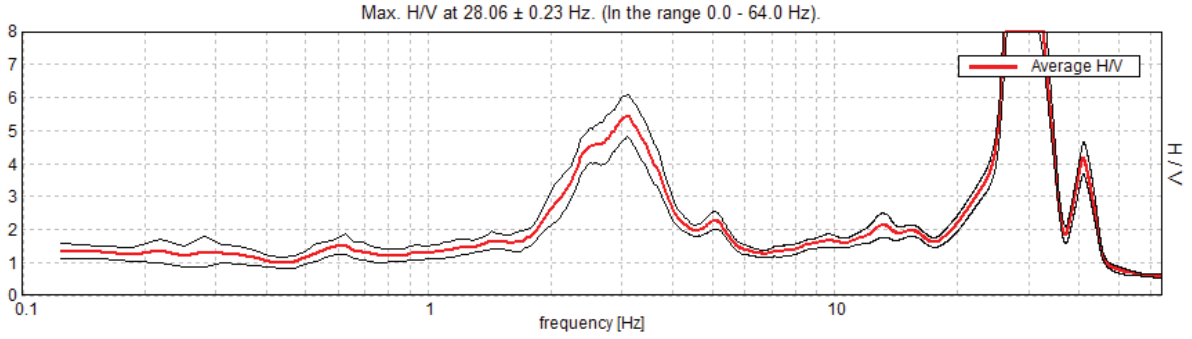
**Committente: Comune di Ventimiglia**

**Indagine HVSR n°5**

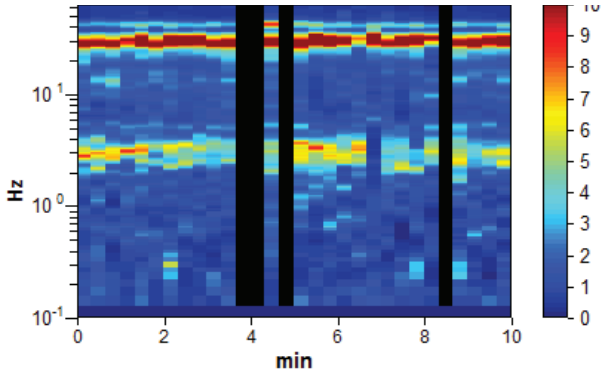
Strumento: TRZ-0089/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 02/03/00 19:24:05 Fine registrazione: 02/03/00 19:34:05
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

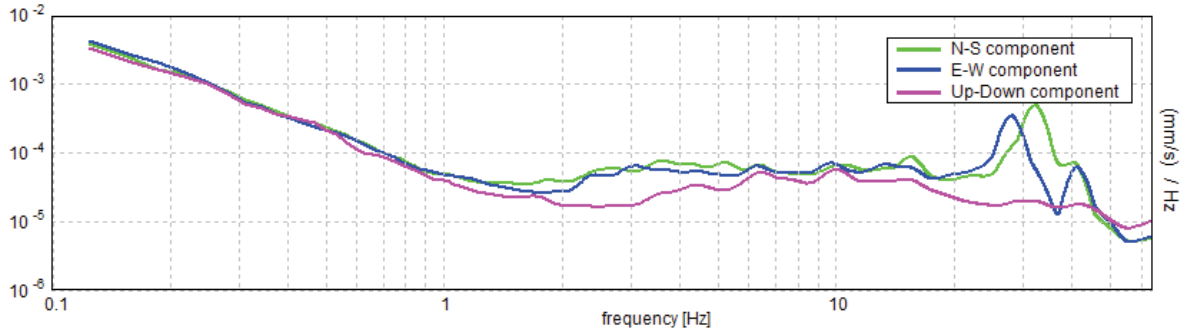



SERIE TEMPORALE H/V




**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉:info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI






**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉:info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a 28.06 ± 0.23 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

| **Criteri per una curva H/V affidabile** [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|---|---|---|---|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 28.06 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 14592.5 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz<br>$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz | Superato 0 volte su 1348 | OK | |
| **Criteri per un picco H/V chiaro** [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ \| $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 25.594 Hz | OK | |
| Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ \| $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 33.875 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 11.80 > 2 | OK | |
| $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | \|0.00808\| < 0.05 | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.22676 < 1.40313 | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.9155 < 1.58 | OK | |

| | |
|---|---|
| $L_w$ | lunghezza della finestra |
| $n_w$ | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| $f$ | frequenza attuale |
| $f_0$ | frequenza del picco H/V |
| $\sigma_f$ | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| $A_0$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$ |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| $f^-$ | frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| $f^+$ | frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{logH/V}(f)$ | deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉:info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

**Comune di Ventimiglia (IM)**

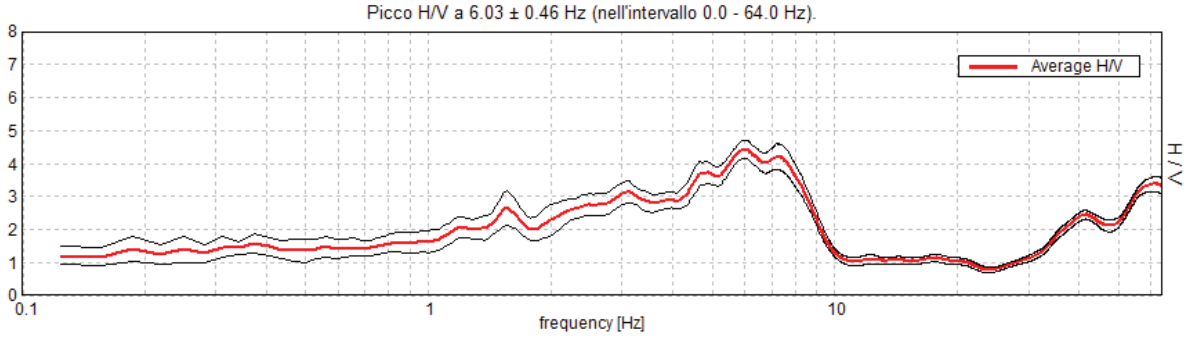
**Committente: Comune di Ventimiglia**

**Indagine HVSR n°6**

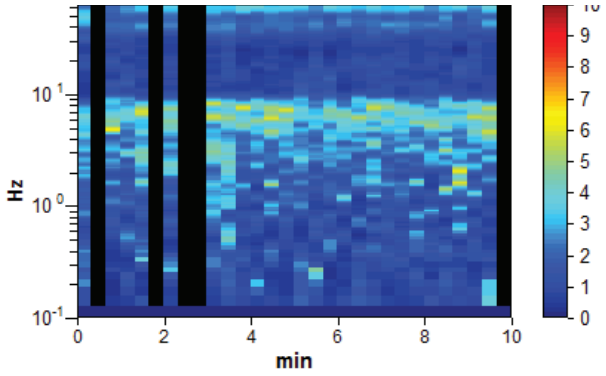
Strumento: TRZ-0089/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 02/03/00 19:47:45 Fine registrazione: 02/03/00 19:57:45
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

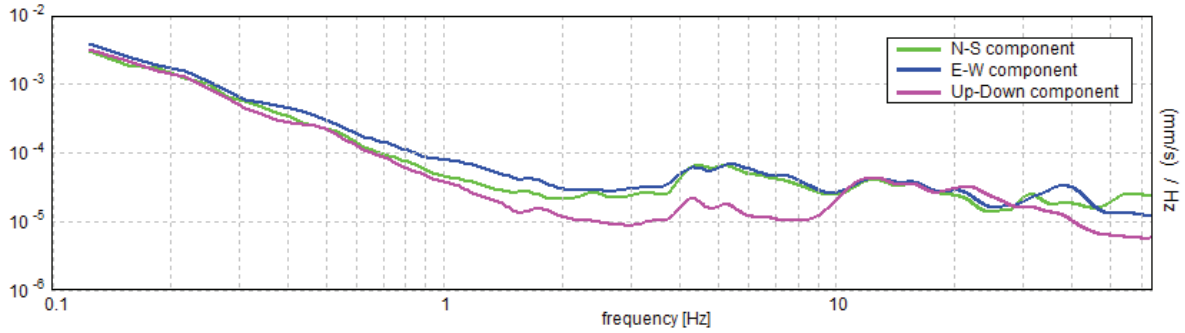



SERIE TEMPORALE H/V




**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI






**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a 6.03 ± 0.46 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

| **Criteri per una curva H/V affidabile** [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|---|---|---|---|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 6.03 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 3015.6 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz<br>$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz | Superato 0 volte su 290 | OK | |
| **Criteri per un picco H/V chiaro** [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ \| $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 1.938 Hz | OK | |
| Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ \| $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 9.125 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 4.42 > 2 | OK | |
| $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | \|0.04612\| < 0.05 | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.45911 < 0.30156 | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.278 < 1.58 | OK | |

| | |
|---|---|
| $L_w$ | lunghezza della finestra |
| $n_w$ | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| $f$ | frequenza attuale |
| $f_0$ | frequenza del picco H/V |
| $\sigma_f$ | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| $A_0$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$ |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| $f^-$ | frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| $f^+$ | frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{logH/V}(f)$ | deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

**Comune di Ventimiglia (IM)**

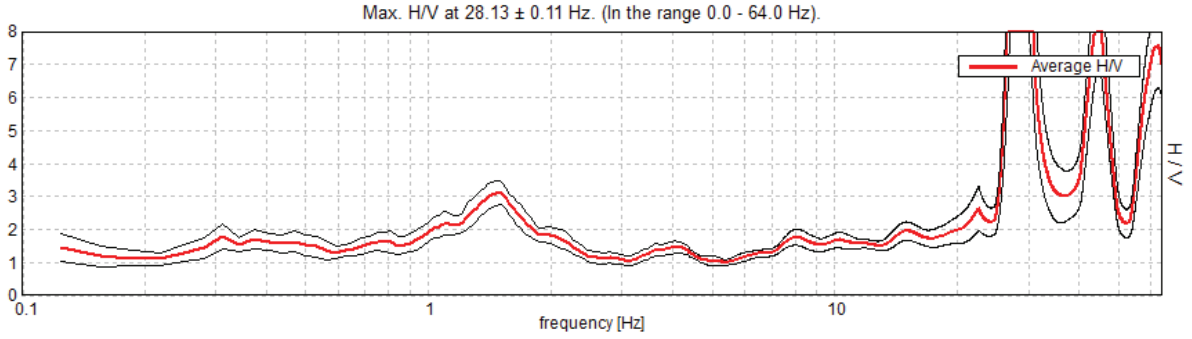
**Committente: Comune di Ventimiglia**

**Indagine HVSR n°7**

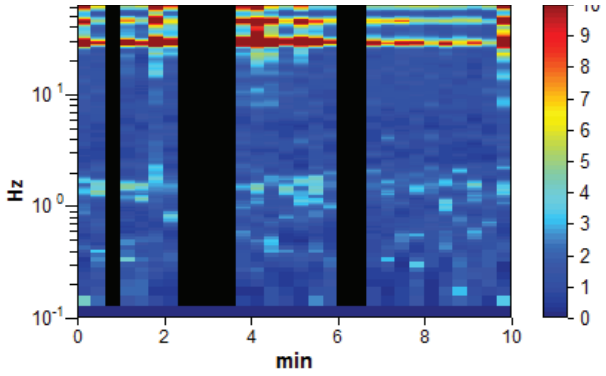
Strumento: TRZ-0089/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 02/03/00 20:20:52 Fine registrazione: 02/03/00 20:30:52
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 77% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

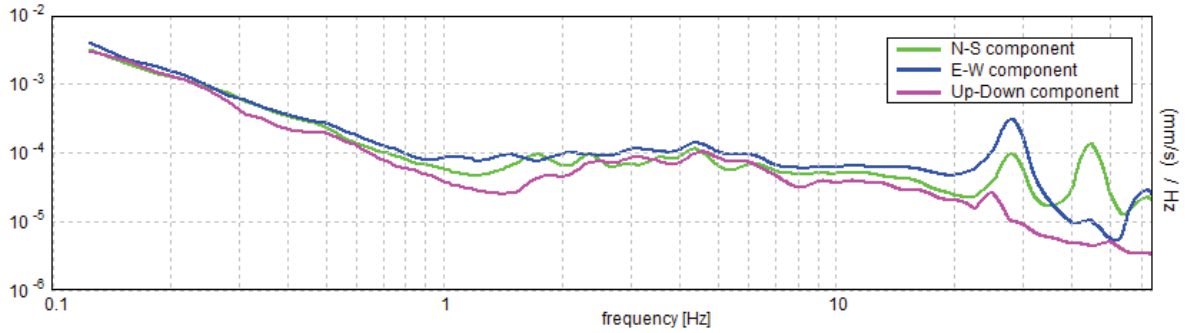



SERIE TEMPORALE H/V




**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI






**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a 28.13 ± 0.11 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

| **Criteri per una curva H/V affidabile** [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|---|---|---|---|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 28.13 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 12937.5 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz<br>$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz | Superato 150 volte su 1351 | | NO |
| **Criteri per un picco H/V chiaro** [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$ \| $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 26.719 Hz | OK | |
| Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$ \| $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 30.719 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 17.76 > 2 | OK | |
| $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | \|0.00381\| < 0.05 | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.10727 < 1.40625 | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 4.6081 < 1.58 | | NO |

| | |
|---|---|
| $L_w$ | lunghezza della finestra |
| $n_w$ | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| $f$ | frequenza attuale |
| $f_0$ | frequenza del picco H/V |
| $\sigma_f$ | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| $A_0$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$ |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| $f^-$ | frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| $f^+$ | frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{logH/V}(f)$ | deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

**Indago s.r.l.**
Sede Legale: Via Sestri 15-4, 16154 Genova Sestri (GE)
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr. e C.F.: GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
☎ 0184-998536 🖷0184-998536
✉: info@lindagosrl.it
Skype: indagosrl