



Comune di Rimini

PA  
2024

# PIANO DELL'ARENILE

ai sensi dell'art.72 - LR 24/2017

**Assunzione:**

Delibera di G.C. n. 465 del 12/12/2023

**Adozione:**

Delibera di C.C. n. \_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_\_\_

**Approvazione:**

Delibera di C.C. n. \_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_\_\_

**Pubblicazione BURERT:**

n. \_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_\_\_

## QUADRO CONOSCITIVO

**B2\_REL**

Analisi geologica – geomorfologica, studio idrogeologico ed evoluzione storica della costa

**Relazione**

**Sindaco:**

Jamil Sadegholvaad

**Assessore al territorio:**

Roberta Frisoni

**Segretario Generale:**

Diodorina Valerino

**Responsabile Ufficio di Piano:**

Carlo Mario Piacquadio

**Responsabile del Procedimento:**

Lorenzo Turchi

**Garante della comunicazione e della partecipazione:**

Carlo Mario Piacquadio

**Dott. Geol. ALESSANDRO MERLI**

\*\*\*\*\*

**COMUNE DI RIMINI**

**PIANO DELL'ARENILE**

**ai sensi dell'art. 72 - LR 24/2017**

**QUADRO CONOSCITIVO**

<b>B2_REL</b>	Analisi geologica – geomorfologica e studio idrogeologico ed evoluzione storica della costa.
	<b>Relazione</b>

**COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI RIMINI.**

**DOTT. GEOL. PAOLO CIACCI**

**DOTT. GEOL. ALESSANDRO MERLI**

DATA: NOVEMBRE 2023

---

---

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
1.1 CONSIDERAZIONI GENERALI .....	3
<b>2 ANALISI STRUTTURALE</b> .....	<b>4</b>
2.1 INQUADRAMENTO GEOTETTONICO .....	4
2.2 MODELLO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE .....	7
<b>3 ANALISI GEOLOGICA</b> .....	<b>13</b>
3.1 GEOMORFOLOGIA E STRATIGRAFIA SUPERFICIALE .....	13
3.2 IDROGRAFIA E RISCHIO IDRAULICO .....	21
3.3 IDROGEOLOGIA .....	28
3.4 VALUTAZIONI IDROGEOLOGICHE PER OPERE DI REGIMAZIONE .....	30
3.5 TUTELA ASSETTI IDROGEOLOGICI .....	32
<b>4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA E SISMICA</b> .....	<b>34</b>
<b>5 STRATIGRAFIA LITOTECNICA SUPERFICIALE</b> .....	<b>34</b>
<b>6 COMPATIBILITA' GEOLOGICA DEGLI INTERVENTI</b> .....	<b>36</b>

## ALLEGATI NEL TESTO

- ALLEGATO N. 1 – Inquadramento cartografico.  
ALLEGATO N. 2 – Ubicazione nuove indagini e sezioni litostratigrafiche trasversali.  
ALLEGATO N. 3 – Sezioni litostratigrafiche trasversali.  
ALLEGATO N. 4 - Report prove geognostiche CPTe.  
ALLEGATO N. 5 - Report prove geofisiche HVSR ed SCPT.  
ALLEGATO N. 6 – Dati pluviometrici.

## ALLEGATI FUORI TESTO

- B2\_TAV1 – Sezione Litostratigrafiche longitudinale Rimini NORD.  
B2\_TAV2 – Sezione Litostratigrafiche longitudinale Rimini SUD.



# 1. PREMESSA.

## 1.1 Considerazioni generali.

Su incarico dell'amministrazione comunale di Rimini è stata affidata la redazione della relazione geologica a supporto dell'aggiornamento del Piano dell'Arenile, ai sensi dell'articolo 72 della Legge Regionale 24/2017, intervento esteso a tutta la fascia costiera comunale.

Il piano si sviluppa lungo l'arenile e lungomari retrostanti del Comune di Rimini, dal confine meridionale con Riccione sino a quello settentrionale con Bellaria – Igea Marina, interrotto localmente solo dagli specchi d'acqua dei corsi d'acqua principali (Portocanale di Rimini, Darsena, Deviatore Marecchia, Porto di Viserba).

L'area di studio è integralmente compresa nel Foglio 256 "Rimini", negli elementi 073 (Torre Pedrera), 114 (Viserbella), 111 (Rivabella), 112 (Rimini), 123 (Bellariva), 161 (Miramare), 162 (Riccione Marina), 163 (Casalecchio) e 164 (Rivazzurra) della Carta Tecnica della Regione Emilia Romagna alla scala 1:5.000, come evidenziato nell'allegato 1.

Gli elementi conoscitivi propedeutici alle valutazioni geologiche-idrogeologiche e di pericolosità sismica ed ambientale per il Piano dell'Arenile vengono definiti e sviluppati sulla base della seguente documentazione di riferimento:

- Carta Geologica D'Italia Foglio 256 (Rimini) e 267 (San Marino) scala 1:50.000 (Progetto Carg).
- Banca Dati della Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna.
- Quadro Conoscitivo PTCP2007-Variante 2012 Rimini.
- Il Paesaggio Geologico dell'Emilia-Romagna della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico, sismico e dei suoli Anno 2009.
- Studio geologico a supporto del Piano dell'Arenile, anno 2004/2005
- PSC del Comune di Rimini, anno 2011.
- Studio geologico-geomorfologico-idrogeologico e di microzonazione sismica per il Progetto Parco del Mare, anno 2018.
- Tesi di Dottorato, Dott. Geol. Alessandro Merli, anno 2019.
- Studio di Microzonazione Sismica di I-II e III Livello di Approfondimento del Comune di Rimini, ai sensi della DGR 564/2021, anno 2021.

La normativa di riferimento per le indagini e relative analisi sarà:

- Circolare della Giunta Regione Emilia-Romagna (Dipartimento Ambiente – Territorio – Trasporti) protocollo n. 1288 del 11/02/83 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei Piani Urbanistici Comunali".
- Legge Regionale 30/10/2008 n. 19, articolo 5 - per gli aspetti geomorfologici ai fini urbanistico – ambientali.
- Delibera Giunta Regionale n. 630/2019, n. 476/2021 e n. 564/2021 per gli aspetti geologici e di pericolosità geologica e sismica/microzonazione sismica.
- D.M. 17/01/18 – NTC/2018 e circolare esplicativa.
- Pianificazione territoriale sovraordinata (PAI-PTCP-PGRA) e PSC Comune di Rimini.
- Legge Regionale 21/12/2017 n. 24.

Detto studio è stato quindi articolato nelle seguenti fasi:

- rilevamento geolitologico, geomorfologico e delle condizioni idrogeologiche;
- esecuzione di n. 26 prove penetrometriche statiche CPTe/u;
- esecuzione di n. 1 prova sismica attiva in foro SCPT;
- esecuzione di n. 26 prove geofisiche di misura microtremori tipo HVSR;
- utilizzo database prove geognostiche Piano Arenile, 2004;
- utilizzo database prove geognostiche/geofisiche Studio di Microzonazione Sismica di 3 Livello Comune i Rimini, 2021
- valutazione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area in studio;
- valutazione delle caratteristiche geolitologiche e geomeccaniche dell'area in studio;
- valutazione della pericolosità sismica: sismicità dell'area, azione sismica di progetto e del potenziale di liquefacibilità dei terreni;
- valutazioni di stabilità di sito/verifiche a liquefazione

Tale studio, partendo dalle analisi effettuate, procede ad una serie di calcoli e verifiche atte a valutare le condizioni suesposte, le condizioni di pericolosità rilevate ed i criteri di interventi più idonei da adottare.

La presente relazione geologica si avvale della campagna geognostica commissionata dall'ente committente per la ricostruzione del modello geologico. Essa potrà costituire un utile riferimento per la progettazione nell'inquadrare i problemi e di conseguenza permettere una modellazione a supporto delle scelte progettuali sia in fase di pianificazione urbanistica che definitiva e/o esecutiva. Rimane, quindi, prerogativa del progettista, "responsabile della definizione del piano delle indagini, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica", l'avvalersi di eventuali ed ulteriori indagini geotecniche e di laboratorio certificate ai sensi del paragrafo 6.2.2. D.M. 14 gennaio 2018 per caratterizzare al meglio la progettazione.

## 2 ANALISI STRUTTURALE.

### 2.1 Inquadramento geotettonico.

Il bordo appenninico esterno e l'attuale fascia costiera sono il prodotto del sistema ad embrici e accavallamenti che regola il sollevamento e lo sviluppo della catena appenninica.

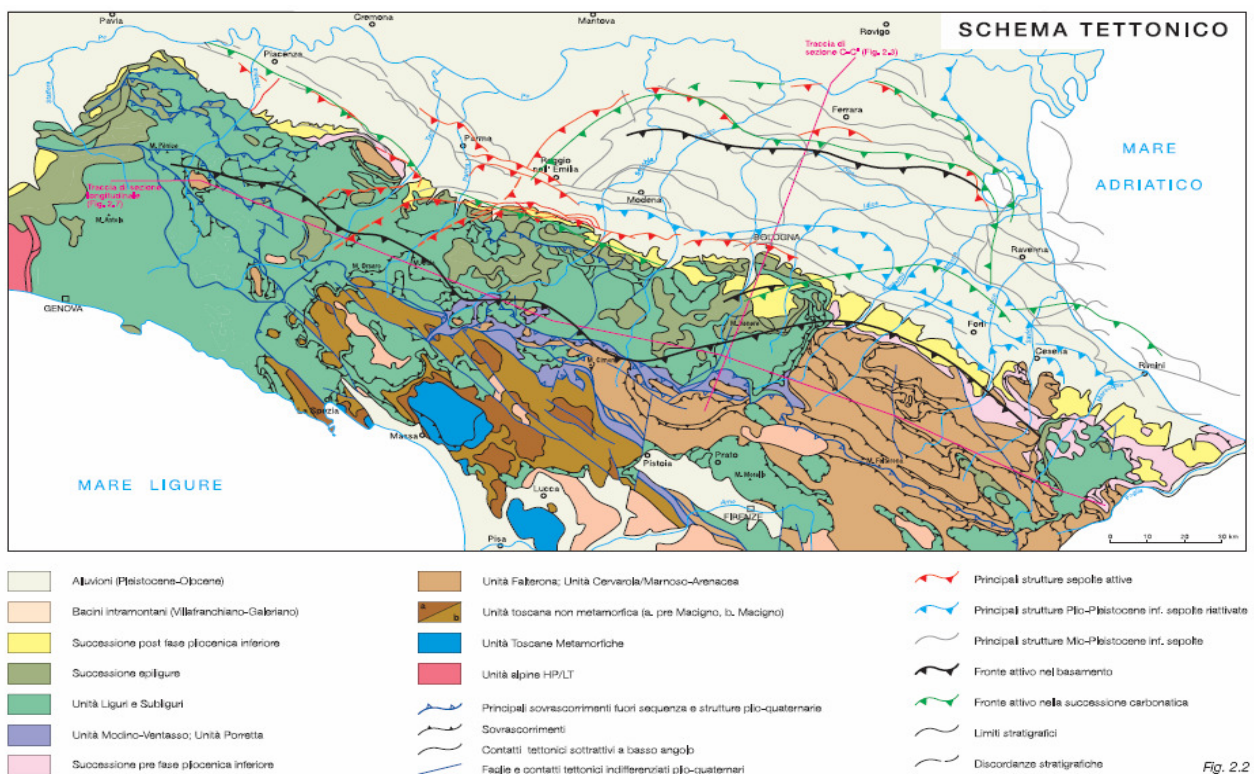
Secondo le recenti ricerche dell'AGIP (Pieri e Groppi, 1981) la Pianura Padana meridionale costituisce una stretta fascia allungata parallelamente ai rilievi del bordo appenninico entro cui si è verificato un consistente accumulo di depositi soprattutto neogenici.

La presenza di strutture tettoniche sepolte drappeggiate ed annegate da tali depositi, storicamente ipotizzata, è stata accertata attraverso la realizzazione di "sezioni sismiche".

Lungo il bordo appenninico esterno e la fascia di pianura antistante gli elementi strutturali accatastati vengono a formare un prisma di accrezione che per la complessa interferenza tra l'attività tettonica e quella sedimentaria assume i caratteri di una pronunciata fossa tettonica (Scandone, 1980) denominata "Avanfossa appenninico-adriatica" (Ori G.G., Roveri M.e Vannoni F., 1986).

L'intrecciarsi di complessi meccanismi sedimentari e tettonici hanno dato luogo alla formazione di bacini alla fronte e sulla parte retrostante degli accavallamenti traslando con essi all'interno della avanfossa.

Il risultato finale è quello di un consistente impilamento di sedimenti caratteristici della successione sedimentaria plio-peistocenica della zona di studio.



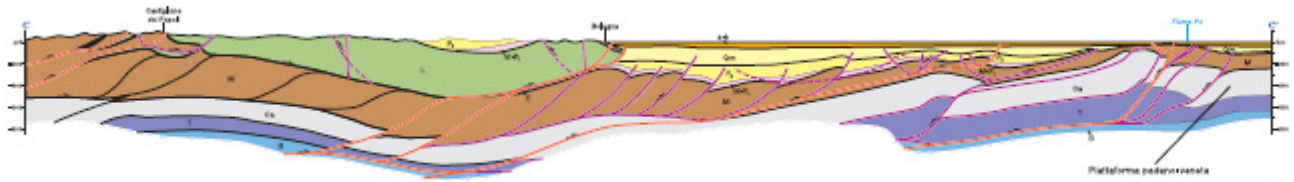


Fig. 2.3

Figura 1 – Sezione schematica Appennino Settentrionale - Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna (Servizio Geologico, 2004)

Di seguito si riporta altresì una sintesi grafica degli assetti geologico-strutturali e dell'assetto cronostratigrafico del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), rappresentativi per la definizione del contesto geologico delle aree in studio, dalle zone di crinale più rilevate sino ai fondovalle ed alla costa (fig. 1 - 2). Dallo schema tettonico generale di figura 3, sviluppato nell'ambito del progetto CARG, è altresì possibile evincere l'andamento generale delle isobate del tetto del bedrock geologico costituito dalle formazioni marine plio-pleistoceniche.

### SCHEMA DI INQUADRAMENTO REGIONALE

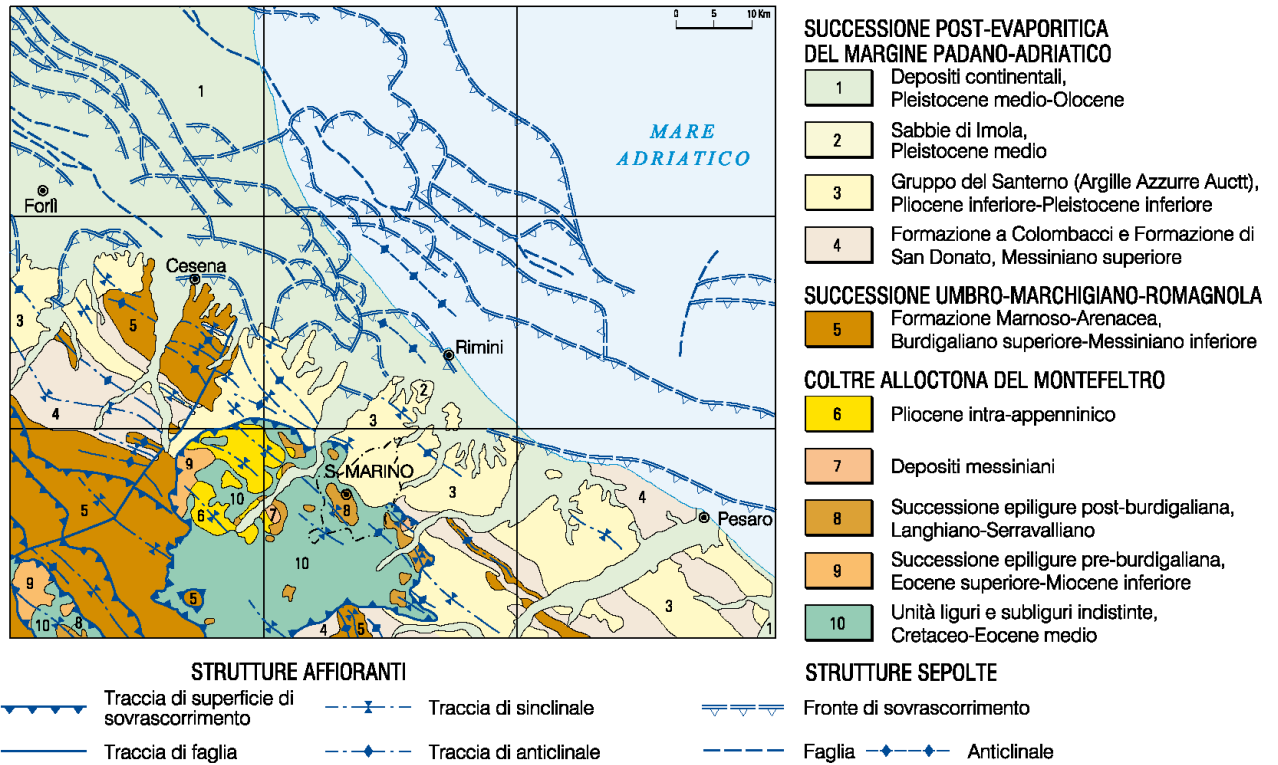


Figura 2 – Schema di inquadramento generale – progetto CARG (Foglio 526 Rimini)

**SCHEMA TETTONICO**

Scala 1:200.000

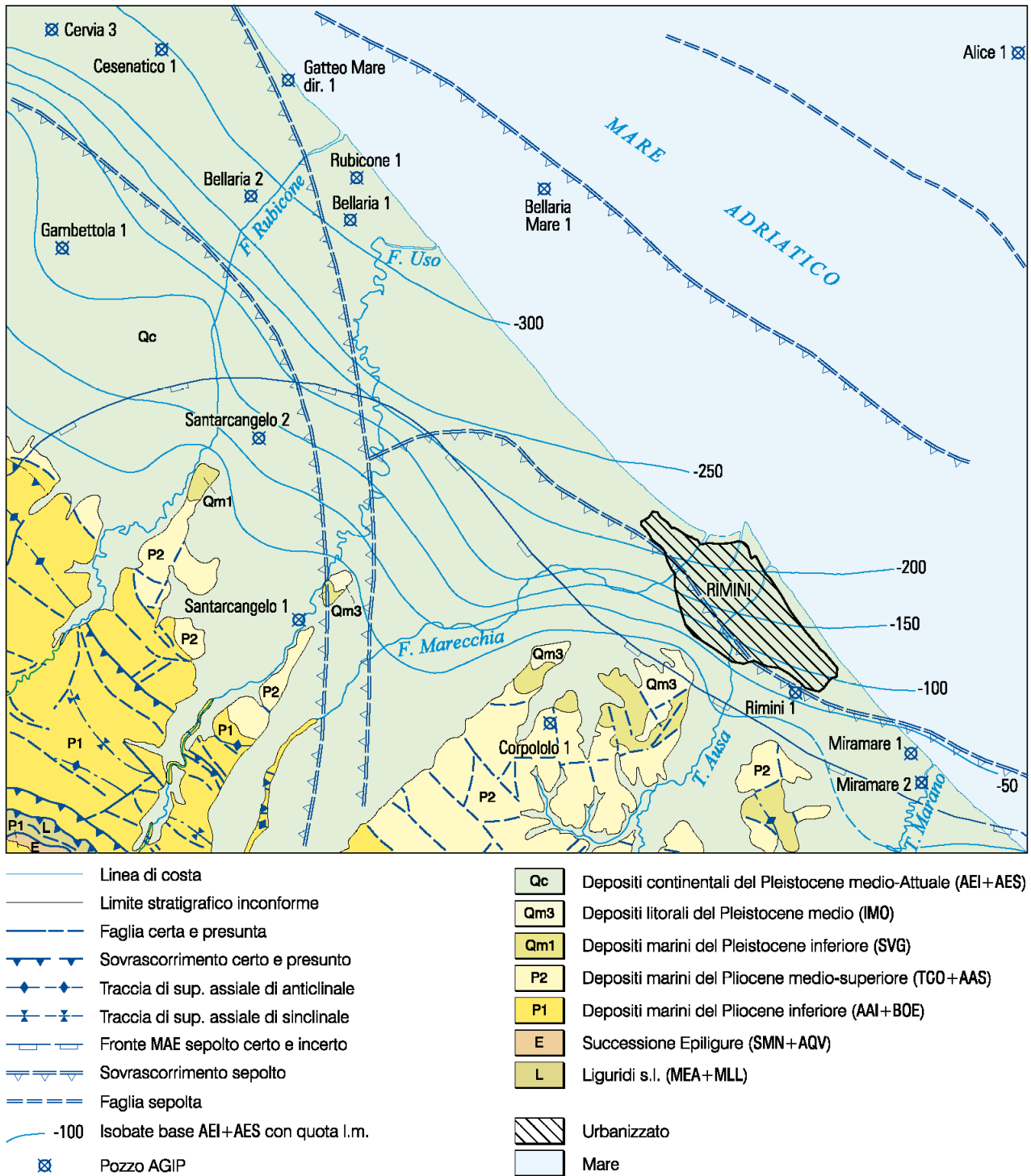


Figura 3 – Schema tettonico generale – progetto CARG (Foglio 526 Rimini)



## 2.2 Modello geologico ed idrogeologico generale.

Al fine di realizzare un corretto inquadramento del sito di interesse, è stata reperita la seguente documentazione pregressa:

- Carta Geologica D'Italia Foglio 256 (Rimini) e 267 (San Marino) scala 1:50.000 (Progetto Carg).
- Banca Dati della Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna.
- Quadro Conoscitivo PTCP2007-Variante 2012 Rimini
- Il Paesaggio Geologico dell'Emilia-Romagna della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico, sismico e dei suoli Anno 2009.
- Tesi di Dottorato, Dott. Geol. Alessandro Merli, anno 2019.
- Studio di Microzonazione Sismica di I-II e III Livello di Approfondimento del Comune di Rimini
- PSC del Comune di Rimini.

Le caratteristiche geologiche generali del territorio comunale non risultano di particolare complessità; esso comprende infatti le ultime pendici collinari di età sostanzialmente Pliocenica-Pleistocenica, le alluvioni continentali terrazzate della pianura (Pleistocene- Olocene) e i depositi costieri (Olocene-attuali). I terreni affioranti si sono venuti costituendo in posto (a differenza ad esempio di quelli affioranti nella vicina Valmarecchia che sono migrati in senso orizzontale) e pertanto si presentano in successione stratigrafica normale, con termini più antichi in basso e i più recenti in alto.

L'area rimane confinata alla fascia costiera riminese. Una ricostruzione del modello geologico generale è possibile attraverso la consultazione da WebGis della Carta Geologica e della Carta delle Sezioni Geologiche e Prove Geognostiche della Pianura Emiliana Romagnola, consultando le sezioni geologiche profonde sviluppate nell'ambito del progetto CARG.

Dal punto di vista geologico l'intera fascia costiera oggetto d'indagine ricade nel territorio di affioramento della formazione quaternaria denominata "a4s" (sabbie e ghiaie delle spiagge attuali) della Carta Geologica d'Italia.

Il sovrapporsi nell'area di sedimenti continentali pleistocenico – olocenici è da attribuirsi al Fiume Marecchia che con il suo apparato deposizionale occupa la porzione settentrionale del territorio comunale di Rimini giungendo anche oltre l'area oggetto di studio

La conoide del Marecchia inizia subito a valle della stretta di Verucchio e prosegue sino all'abitato di Santarcangelo di Romagna per arrivare infine al mare, allargandosi verso sud fino al centro di Rimini in coalescenza con il conoide del Torrente Ausa.

Dal punto di vista della dinamica e della organizzazione deposizionale la conoide è strutturata, lungo il suo sviluppo, in geometrie sedimentarie ed assume connotazioni differenti: pianura intravalliva, conoide amalgamata e conoide multistrato (vedi figura successiva tratta da Severi ed altri, 2014 citato in premessa).

Nella pianura intravalliva e nella conoide amalgamata, che vanno da Verucchio a Santarcangelo di Romagna, prevalgono anche in affioramento i depositi grossolani ghiaiosi che assumono verso mare spessori consistenti. All'interno delle ghiaie possono essere presenti dei livelli più fini di modesta estensione laterale, che non interrompono la continuità dei corpi grossolani. Proseguendo verso mare si passa dalla conoide amalgamata alla conoide multistrato, in cui le ghiaie non affiorano più (salvo che in una sottile striscia a ridosso del Marecchia) e proseguono invece nel sottosuolo, risultando quindi sempre più isolate dalla superficie e separate dal fiume.

I depositi continentali sono per lo più sedimentati per opera delle acque del Fiume Marecchia, principale corso d'acqua del riminese, che con le improvvise e notevoli piene ha originato alternanze di ghiaie più o meno grossolane, limi, argille e sabbie. Gli spessori maggiori si hanno nella zona nord di Rimini (fino a 300 mt), mentre a sud dell'abitato il substrato si solleva bruscamente passando a spessori di poche decine di metri. Soprattutto nel settore centrale e settentrionale della piana alluvionale e costiera, nell'ambito dei depositi di copertura superficiali, si rilevano frequenti strutture ghiaiose di paleolaveo (vedi figura 4 sottostante). Essi formano corpi a geometria nastriforme, larghi qualche centinaio di metri, che incidono con contatto netto ed erosivo le tracimazioni fluviali adiacenti (canali singoli di piana alluvionale).

Talora i singoli depositi di canale si saldano lateralmente e verticalmente e formano dei corpi composti con geometria d'insieme relativamente tabulare e spessore fino a 15 metri.

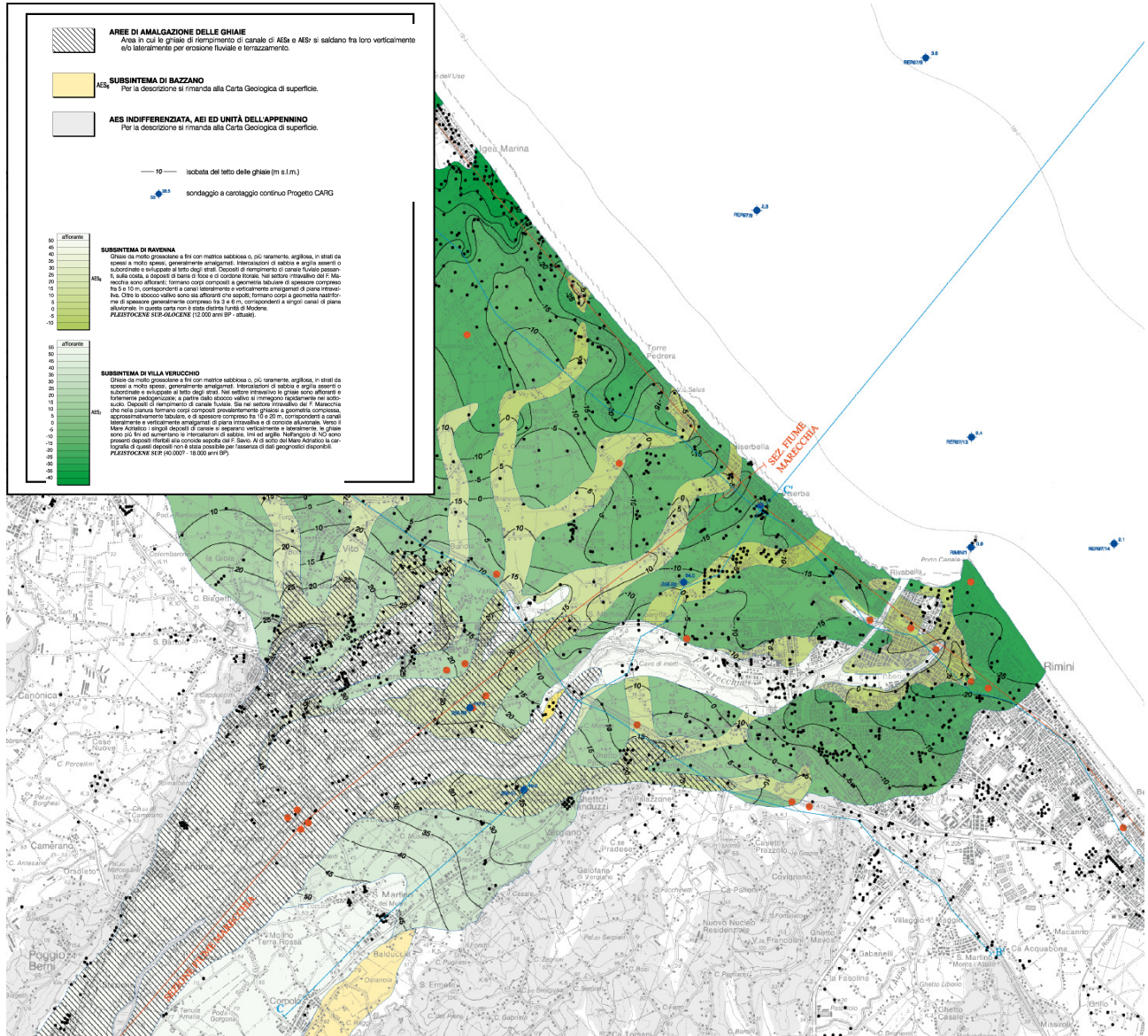


Figura 4 – Estratto della carta del tetto delle ghiaie della conoide alluvionale del Fiume Marecchia.

I depositi alluvionali appartengono al Sintema Emiliano - Romagnolo superiore (AES), all'interno del quale vengono individuati il Subsistema di Ravenna (AES8) e l'Unità di Modena (AES8a), costituiti essenzialmente da materiali grossolani (sabbie e ghiaie) alternati a materiali a granulometria più fine (limi e argille); questi ultimi, in corrispondenza del terrazzo superiore, occupano la parte più superficiale del deposito. In profondità ed al crescere dell'età dei cicli deposizionali (e corrispondenza dei terrazzi più alti, presenti a tratti a margine delle valli alluvionali), sono rilevabili orizzonti appartenenti al Subsistema di Villa Verucchio (AES7) ed al Subsistema di Bazzano (AES6).

L'insieme dei depositi ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale, affioranti e sepolti lungo la valle del F. Marecchia, a ridosso dello sbocco vallivo e nella pianura antistante, costituisce un serbatoio idrico di notevole importanza, ampiamente sfruttato sia per fini pubblici (idropotabili), che privati (agricoli, industriali, zootecnici).

La conoide del F. Marecchia è infatti costituita da una zona apicale in cui le ghiaie sono amalgamate tra loro e formano un acquifero freatico monostrato compreso tra la superficie topografica ed il substrato marino prevalentemente argilloso. La zona di amalgamazione delle ghiaie è quella in cui si verifica la ricarica diretta di tutta la conoide, sia dalle infiltrazioni efficaci, sia dall'alveo.

A valle della zona di amalgamazione i diversi lobi di conoide si separano e tra essi si interpongono dei depositi fini di spessore crescente procedendo verso mare. I diversi acquiferi sono quindi disconnessi dalla superficie e acquisiscono tutte le condizioni di artesianità. I principali acquiferi, ovvero quelli più spessi ed arealmente più continui, corrispondono alle porzioni regressive terminali dei cicli deposizionali riconosciuti nel sottosuolo, caratterizzate per l'appunto dallo sviluppo di estesi lobi di conoide alluvionale.

Gli acquitardi più estesi corrispondono invece alla argille e limi presenti nella parte inferiore di ciascuna unità idrostratigrafica di sottosuolo. Le Unità Idrostratigrafiche presenti in sito sono infatti formate da più sequenze deposizionali caratterizzate da alternanze cicliche di depositi fini, o aquitardi (presenti alla base) e grossolani (al tetto) molto spessi sede degli acquiferi. Una sequenza deposizionale è una successione di sedimenti geneticamente legati tra loro (sono depositi durante lo stesso intervallo di tempo e con meccanismi della sedimentazione legati tra loro), compresi alla base e al tetto da superfici di discontinuità della sedimentazione e da superfici di continuità ad esse correlate.

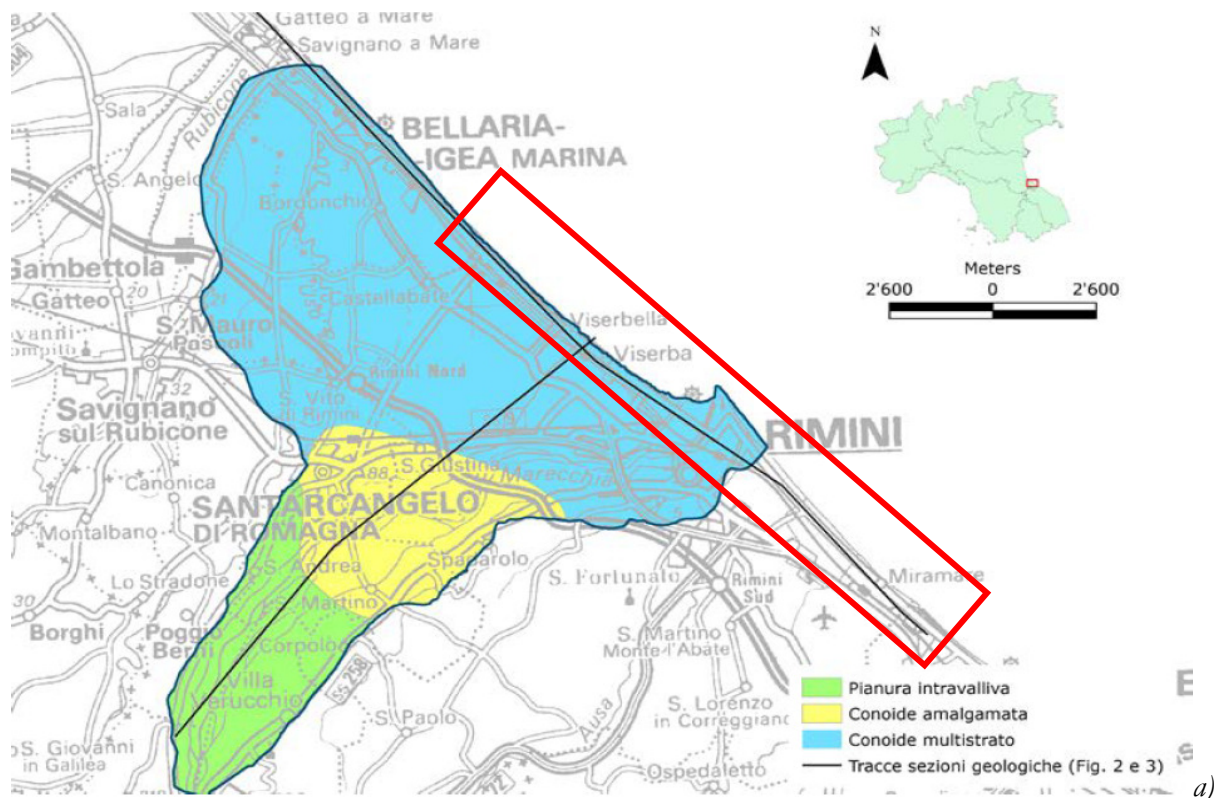
All'interno di ciascun "Gruppo Acquifero", partendo dalla superficie, vengono distinti diversi "Complessi Acquiferi" gerarchicamente inferiori (a cui comunque corrisponde un'unità stratigrafica della Carta Geologica) identificate dal nome del Gruppo Acquifero di appartenenza, seguito da un numero progressivo (A0, A1 ecc.).

Per quanto riguarda la corrispondenza tra le unità geologiche, a cui i diversi corpi ghiaiosi sono attribuiti e quelle idrostratigrafiche, si fa riferimento alla sottostante Tabella 1 (tratta da Severi et al., 2014).

AES	AES8	GRUPPO ACQUIFERO A	COMPLESSO ACQUIFERO A0
	AES7		COMPLESSO ACQUIFERO A1
	AES6		COMPLESSO ACQUIFERO A2
	AES indistinto		COMPLESSO ACQUIFERO A3+A4
AEI		GRUPPO ACQUIFERO B	
IMO		GRUPPO ACQUIFERO C	

Tabella 1 – Corrispondenza tra Unità Geologiche e Unità Idrostratigrafiche

Pertanto la conoide alluvionale, in funzione dell'assetto e interconnessione dei livelli ghiaiosi e del rapporto con le zone di alimentazione entro il bacino di ricarica, viene distinta in tre zone principali denominate da monte verso valle rispettivamente come: pianura intravalliva, conoide amalgamata e conoide multistrato (vedi figura 5 a e b).



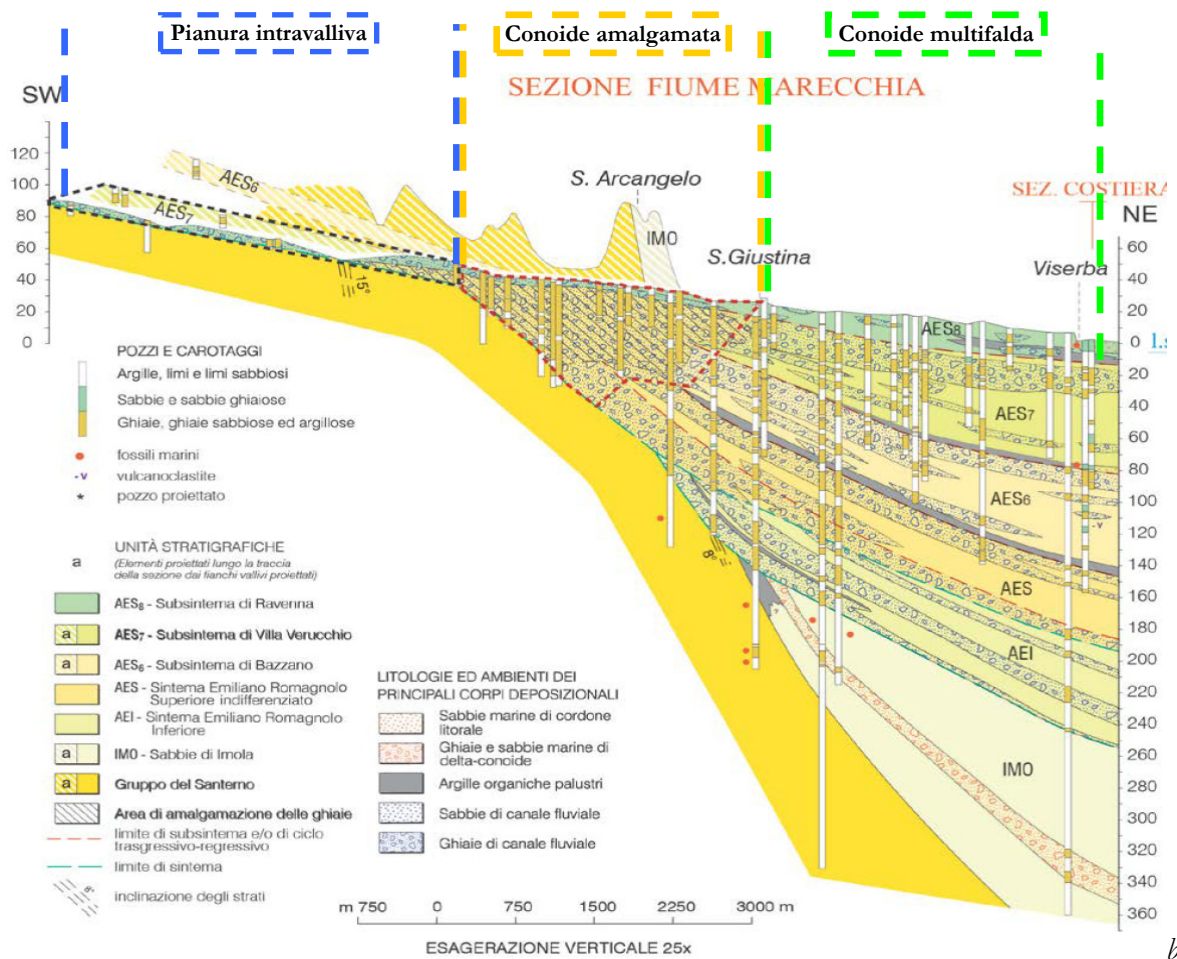


Figura 5 – Ambiti della conoide del Marecchia (a); sezione geologica profonda RER n. 22 rappresentativa della conoide del Marecchia perpendicolare alla costa e passante per il tratto costiero di Rimini Nord (b).

La conoide multistrato del Fiume Marecchia interessa quindi prioritariamente il tratto di costa ricompreso fra il confine comunale settentrionale fino al Torrente Ausa.

Viceversa la porzione di costa che si estende a sud del Torrente Ausa rientra in un'area classificabile come appartenente al complesso della "piana alluvionale appenninica" ("Le Caratteristiche degli Acquiferi della Regione Emilia Romagna – Report Arpa a cura di Fava S., Farina M. e Marcaccio M.; 2003) e rappresenta un settore di interconoide tra quelle del Fiume Marecchia e del Fiume Conca. La struttura geologica è caratterizzata generalmente da una subordinata presenza o, addirittura, assenza di ghiaie e dominanza di depositi fini; in realtà da stratigrafie disponibili si evince anche qui un grado di organizzazione e sovrapposizione dei sedimenti simile a quello della conoide multistrato e la presenza di livelli più grossolani (ghiaioso – sabbiosi) al di sotto di -25 / -30 mt dal piano di campagna.

Una rappresentazione integrale degli assetti geologici superficiali e profondi lungo la costa, spinta sino ad una profondità massima di 360 m, può essere apprezzata nella sezione geologica n. 22 e 59 realizzate dalla Regione Emilia Romagna nell'ambito del progetto CARG (vedi figure 6, 5b e 7 sottostanti).

Da tale sezione è altresì possibile evincere l'andamento rilevato ed atteso del bedrock geologico rappresentato dal substrato plio - plestocenico (Unità idrostratigrafica "C" rappresentate in loco dalle Sabbie Gialle di Imola "IMO" e dalla Formazione delle Argille Grigio – azzurre "FAA") coinvolto negli accavallamenti che rappresentano le strutture tettoniche sepolte citate nel paragrafo precedente e pertanto in discontinuità stratigrafica rispetto ai terreni alluvionali sovrastanti.

Tale ricostruzione è supportata anche dalla "Carta delle Isobate delle Coperture" (tavola B11.a e b) allegata al PSC di Rimini, evidenziando il progressivo assottigliamento delle coperture procedendo da N verso S.

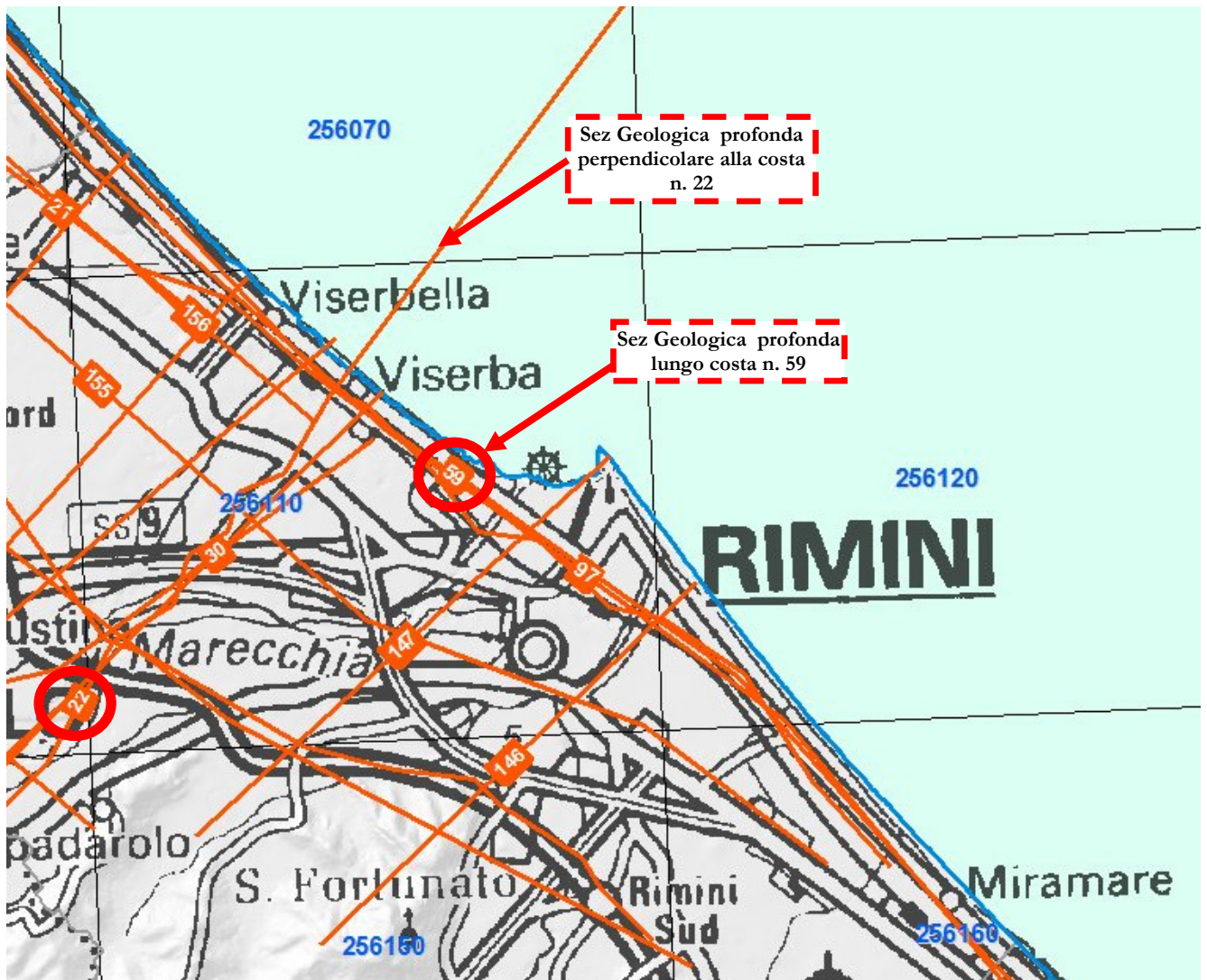


Figura 6 – Traccia sezioni geologiche profonde progetto CARG Regione Emilia Romagna interessanti il comune di Rimini, con evidenziata la n. 59 passante lungo tutto il tratto costiero di Rimini.

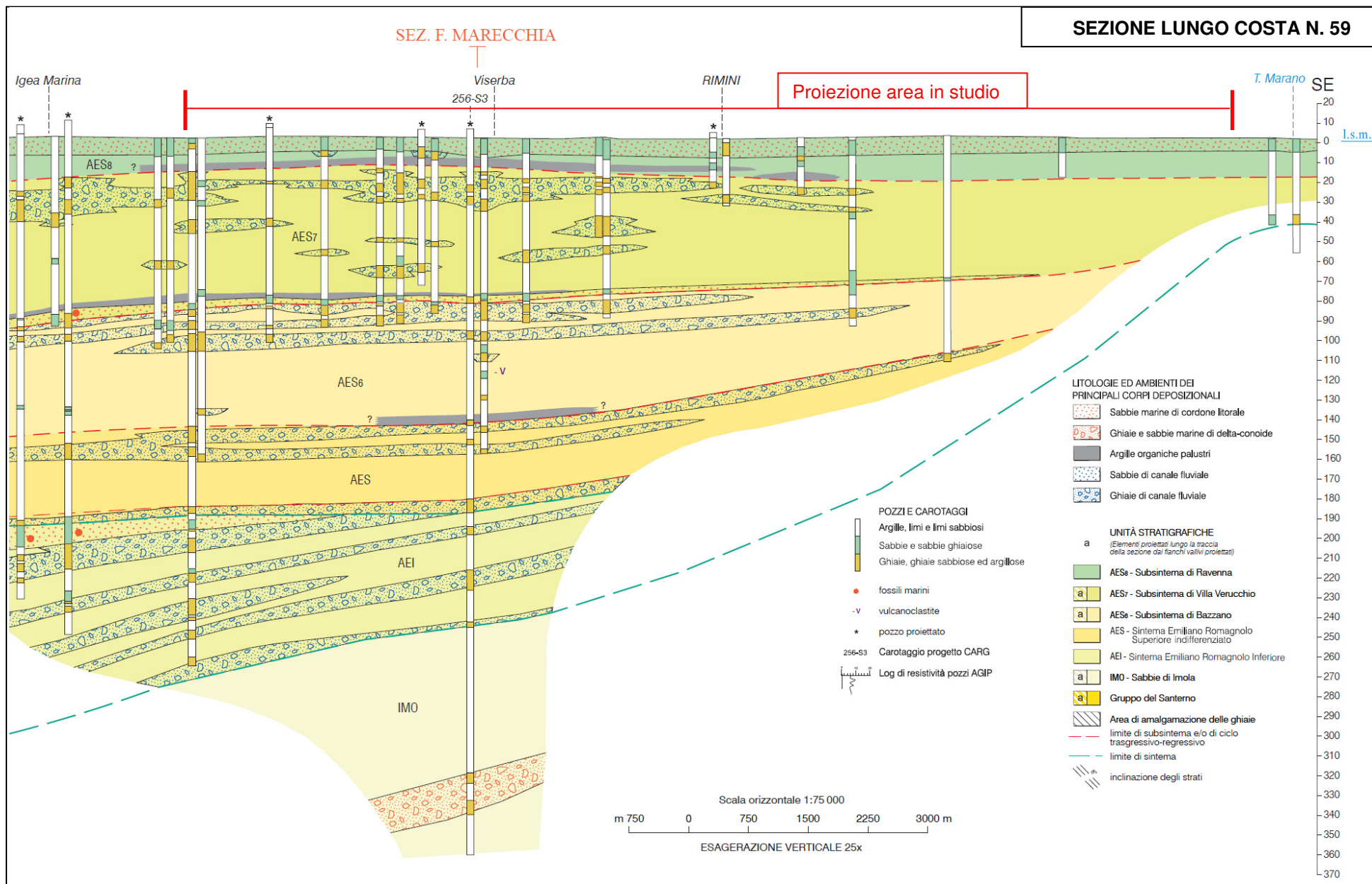


Figura 7 – Stralcio rappresentativo di sezione geologica profonda n. 59 Progetto CARG – Regione Emilia Romagna Ambiti della conoide del Marecchia; sezione geologica rappresentativa della conoide del Marecchia passante lungo la costa.

## 3 ANALISI GEOLOGICA.

### 3.1 Geomorfologia e stratigrafia superficiale.

Come definito e schematizzato negli studi di microzonazione sismica recentemente realizzati, l'ambito del Piano dell'Arenile interessa prettamente quella che viene definita MACROAREA LITORALE, comprendente la zona litorale vera e propria e parte dell'adiacente piana costiera.

Dal punto di vista geologico l'area di indagine ricade nel territorio di affioramento della formazione del Pleistocene superiore - Olocene denominata "a4s" (sabbie e ghiaie delle spiagge attuali) nella Carta Geologica d'Italia. La carta Geologica della Regione Emilia Romagna inquadra l'area nel Subsintema di Ravenna (AES8; *Pleistocene superiore - Olocene*), unità composta da depositi alluvionali, marini e litorali. In particolare la fa ricadere all'interno di una unità di rango gerarchico inferiore (Unità di Modena "AES8a"; *età post-romana - Olocene*) composta da depositi deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche di vario ordine gerarchico.

Più in profondità (generalmente oltre i -15.0/-25.0 m dal piano di campagna) tali terreni si alternano a ghiaie e sabbie ghiaiose permeabili depositatesi in fasce arginali e di paleoalveo del fiume Marecchia con rielaborazione parziale e/o totale da parte del moto ondoso.

La carta Geologica della Regione Emilia Romagna (riportata in stralcio in figura 8 e 9) descrive la successione stratigrafica del primo sottosuolo nei tratti a nord e sud del porto canale come segue:

#### SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

Comprende depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini. Nel sottosuolo della pianura è costituito da una successione di cicli trasgressivo - regressivi formati da argille, limi, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale e, limitatamente al settore costiero, da sabbie litorali. In affioramento e nel sottosuolo prossimale alla catena appenninica il limite inferiore è erosivo e discordante sui depositi marini.

Sintema parzialmente suddiviso in subsintemi (AES8, AES7 ed AES6) limitati, in affioramento, dalle principali scarpate di terrazzo fluviale e paleosuoli e, nel sottosuolo della pianura, da bruschi contatti fra depositi trasgressivi marino - marginali e palustri su depositi di conoide e di piana alluvionale. I depositi fini di tracimazione fluviale dei terrazzi del margine appenninico non sono differenziati in subsintemi. Nel sottosuolo presso lo sbocco vallivo del Fiume Marecchia i depositi grossolani di conoide si amalgamano fra loro ed i singoli subsintemi non sono più separabili. Nel sottosuolo della pianura alluvionale sono presenti 2 cicli deposizionali inferiori che non hanno corrispettivi in affioramento e perciò non sono stati formalizzati. Spessore massimo circa 200 mt (sottosuolo della pianura). Età: Pleistocene medio - Olocene.

#### Subsintema di Ravenna (AES8)

Depositivi fluviali intravallivi e di piana alluvionale, di piana di sabbia litorale e, nel settore a mare, di prodelta e transizione alla piattaforma. Nella valle del Fiume Marecchia i depositi fluviali sono organizzati in 3 ordini di terrazzo con inclinazione media di 5-6 per mille. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (10YR, 2,5Y), spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7. Subsintema contenente un'unità di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo di 20-25 metri. Pleistocene superiore - Olocene.

#### Unità di Modena (AES8a)

Ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma.

Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro (2,5Y) al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati e caratterizzato da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (es. argini e bacini interfluviali). Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. Include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Spessore massimo 3 - 4 metri. Età: post-romana (IV-VI sec. d.C.-Attuale; datazione archeologica). Olocene

Unità presente come depositi litorali nella fascia costiera nonché alluvionali recenti ed attuali del Fiume Marecchia a sud ovest nell'entroterra. L'area in studio ricade nel territorio di affioramento della presente unità.

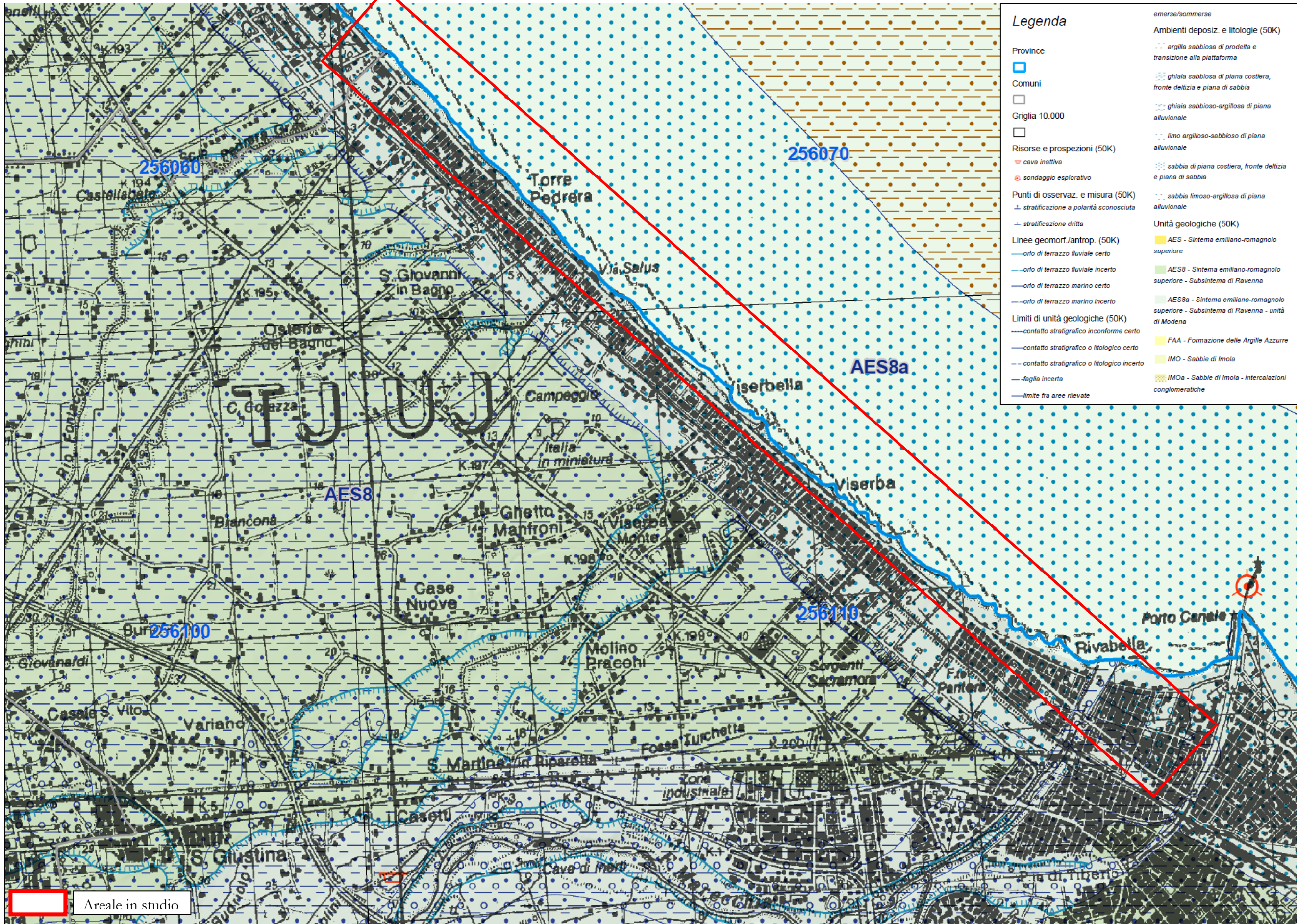


Figura 8 – Stralcio rappresentativo - litorale Nord - carta geologica Regione Emilia Romagna – scala rilievo 1:10.000



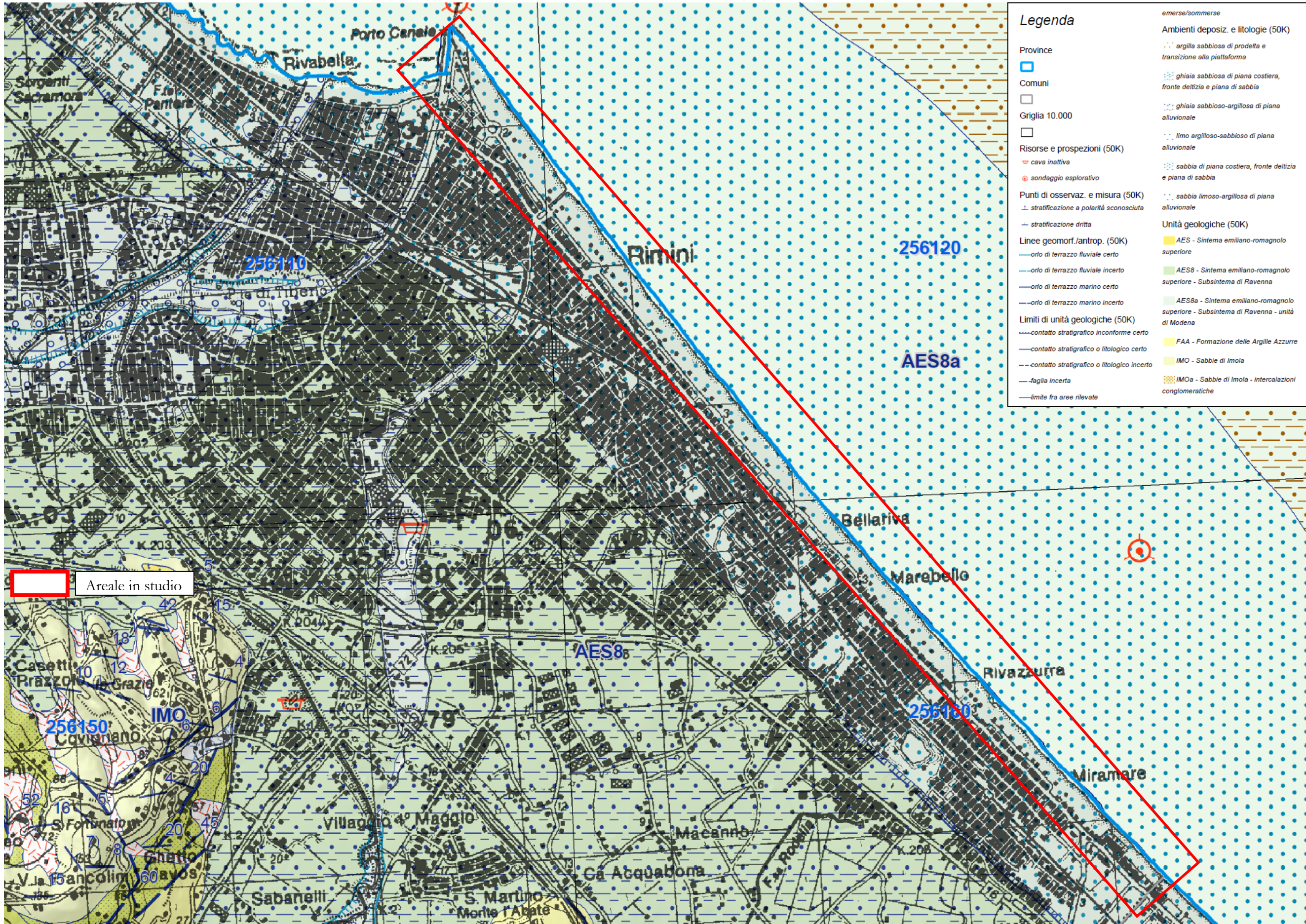


Figura 9 - Stralcio rappresentativo - litorale Sud - carta geologica Regione Emilia Romagna - scala rilievo 1:10.000

L'estensione lineare del tratto costiero consente un'azione piuttosto regolare da parte delle correnti litorali e la formazione di una fascia sabbiosa estesa anche a distanza dalle foci fluviali che hanno costituito e costituiscono attualmente in misura meno rilevante, le fonti di alimentazione per lo sviluppo del sistema deposizionale litorale. In conseguenza dell'intensa urbanizzazione, talora spinta fino al limite della zona di azione del moto ondoso di tempesta, alcune caratteristiche morfologiche del paesaggio costiero quali cordoni e dune sabbiose sono scomparse, lasciando spazio ad estese aree urbanizzate ed ad un diffuso appiattimento degli arenili a seguito dell'intensa attività turistico-balneare.

La larghezza dell'arenile dipende dalle correnti marine che determinano zone di deposizione e d'erosione, dalla migrazione delle foci nel tempo, dalla presenza di manufatti trasversali quali porti, moli, scogliere ed in genere tutte le opere antropiche, che modificano il regolare sviluppo delle correnti stesse, infine dalla presenza di manufatti longitudinali che condizionano la deposizione in particolare a seguito di mareggiate.

Spostandosi verso l'entroterra, ad una distanza variabile da circa 600 ml sino ad oltre 1250 ml dalla linea di riva, al di là della fascia di lidi (ora urbanizzata), è evidente un gradino morfologico di alcuni metri. Tale salto di pendenza determina un terrazzamento costiero linearmente esteso dal Comune di Cattolica (a S.E.) fino a quello di Igea Marina (a N.O.) se si eccettua l'interruzione centrale da parte del cono alluvionale del Fiume Marecchia.

I depositi sabbiosi di litorale sono riconducibili all'ultima glaciazione che abbassò il livello marino circa 100 mt al di sotto del livello attuale. La linea di costa si trovava tra Pescara e Zara nord, dalla quale si sviluppava un'ampia pianura alluvionale solcata dai corsi d'acqua che erano affluenti del Po. Le conoidi create dai fiumi sono costituite da elevati spessori ed attualmente le loro terminazioni si ritrovano in mare a distanze notevoli dall'attuale linea di costa. Con l'alternarsi di fasi di glaciazioni e di seguenti miglioramenti climatici (scioglimento dei ghiacci) il livello del mare subì abbassamenti ed innalzamenti determinando conseguenti regressioni e trasgressioni delle acque marine sulle terre emerse e viceversa.

La falesia, composta da depositi limo-argillosi recenti, rappresenta il limite tra la pianura alluvionale a S.O. ed il prisma sedimentario sabbioso litorale a N.E. riferibile alla trasgressione Flandriana (Olocene) successiva all'ultima glaciazione (Wurm). La scarpata rappresenta il prodotto dell'azione erosiva del mare durante la fase di massima ingressione verificatasi circa 5.000 anni fa (Veggiani, "La linea di spiaggia"). Successivamente le variazioni oloceniche del livello marino hanno portato la linea di riva a lambire più volte la falesia.

La regressione marina dell'ultimo millennio ha creato lo scenario attuale dove l'avanzata della spiaggia sul mare è stata nettamente prevalente almeno fino agli ultimi decenni. Essa ha comportato un generale accrescimento dell'arenile tra il 1820 e il 1970 ("L' Erosione Marina tra i Litorali di Cervia e Pesaro"; Antoniazzi A., 1976) nel tratto costiero a sud del porto canale con indubbio vantaggio per l'attività turistico-balneare; diversamente in ampi tratti a nord del portocanale, soprattutto in conseguenza delle attività antropiche sui corsi d'acqua principali congiuntamente ad un importante ampliamento delle strutture portuali presenti lungo la costa, in tale periodo si sono determinati importanti fenomeni erosivi che hanno determinato la necessità di adottare diffuse opere longitudinali e trasversali di protezione della costa.

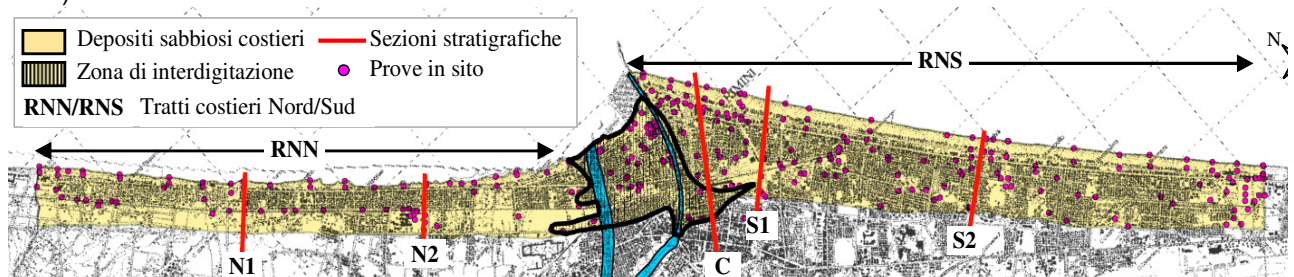
La serie marina che ricopre in contatto discordante quella alluvionale (trasgressione Flandriana) è costituita da sabbie medie o medio-fini, generalmente ben classate, con laminazione a basso angolo cuneiforme o concavo - convessa, talora evidenziata da allineamenti di livelli di frustoli vegetali. Localmente si possono rinvenire alternanze sabbioso-limose e limo-argillose, che denunciano un'elaborazione incompleta dei sedimenti di apporto alluvionale da parte del moto ondoso. Le strutture sedimentarie rivelano una situazione di media-elevata energia deposizionale, in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungocosta. La presenza occasionale di ghiaie in livelli organizzati e con ciottoli ben arrotondati, denota sia la vicinanza di fonti d'apporto grossolano, sia elaborazione da parte delle correnti costiere e del moto ondoso.

La scarpata netta della paleofalesia incide i depositi continentali in modo riconoscibile soprattutto nella zona nord del territorio comunale, da Rivabella al confine con il Comune di Bellaria-Igea Marina, mentre in corrispondenza dell'abitato di Rimini risulta occultata dall'urbanizzazione e a sud appare poco percettibile.

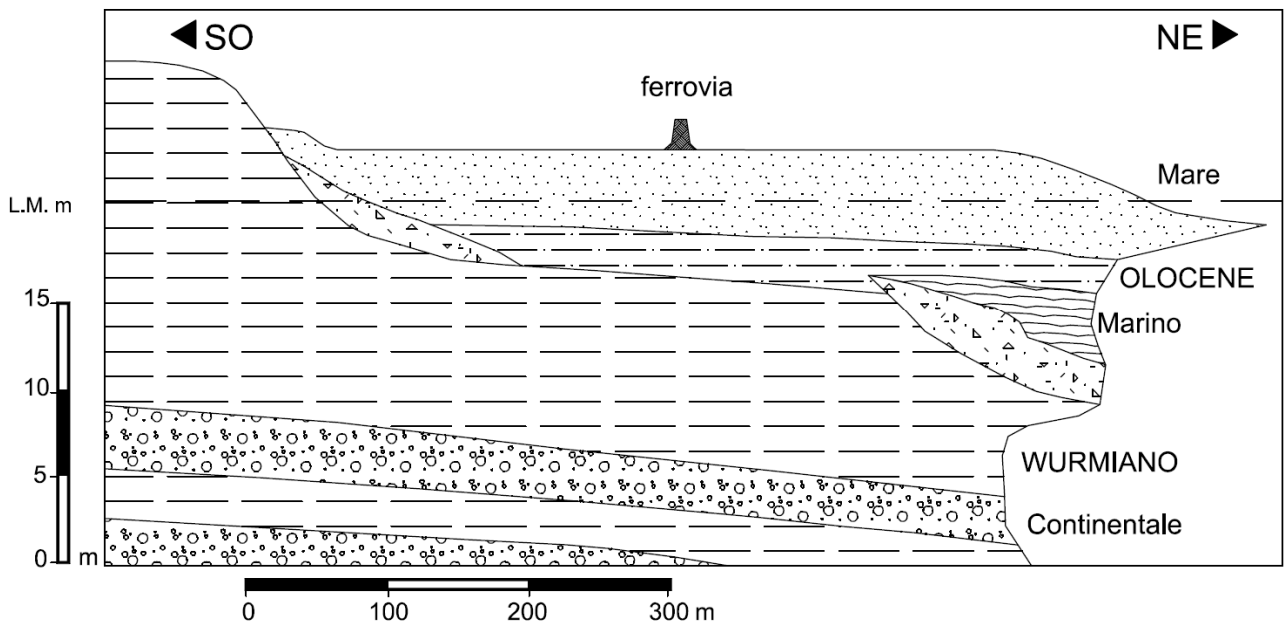
Il prisma sabbioso marino, coerentemente a quanto rilevato in Merli A. (Tesi di dottorato, 2019), è generalmente organizzato secondo due unità stratigrafiche e litotecniche arealmente continue e sovrapposte denominabili, partendo dall'alto, rispettivamente come A e B (vedi Figura 10 e 11).

Tuttavia questo assetto stratigrafico superficiale costiero presenta significative anomalie nell'areale compreso fra l'attuale foce del Fiume Marecchia ed il Portocanale di Rimini, dovute alle ripetute diversioni fluviali succedutesi storicamente nonché al susseguirsi fenomeni di esondazione, rotte d'argine e/o alla deposizione di depositi grossolani in corrispondenza di strutture di palo canale e/o di barra di foce. In tale zona si riscontra una vera e propria interdigitazione di facies deposizionali marine intercalate a depositi fluviali localizzati, conseguenza dell'interazione delle dinamiche fluviali con lo sviluppo ed avanzamento della linea di costa. Questa Zona di Interdigitazione (nel presente studio denominata anche *RNC*), stratigraficamente irregolare e di transizione, separa arealmente le zone costiere litologicamente più omogenee presenti a nord e sud della stessa, definibili rispettivamente come *RNN* e *RNS* (vedi figura 10a sottostante).

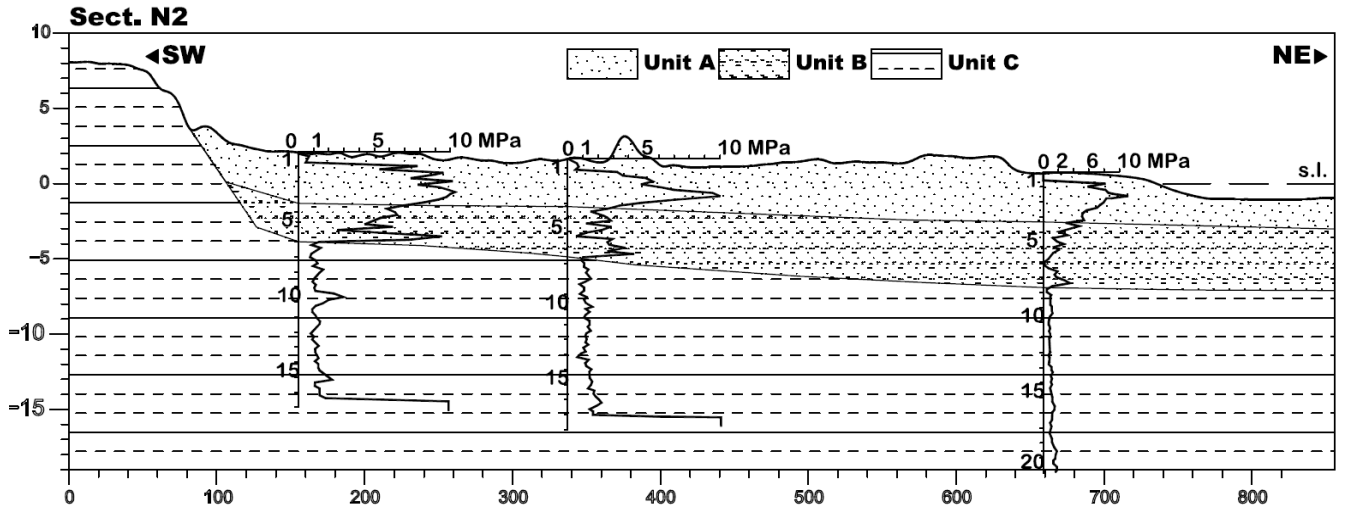
Nel litorale studiato l'*Unità A*, (corrispondente all'unità stratigrafica superficiale *AES8a*) è presente sino a profondità di circa 2.5-4.0 mt da p.c., risultando costituita da sabbie generalmente cernite, omogenee, maggiormente addensate e con diametro medio leggermente superiore rispetto ai depositi caratteristici della sottostante *Unità B*, sempre caratterizzata da prevalenti sabbie ma organizzate secondo alternanze con livelli a maggior contenuto in fine congiuntamente ad un minor grado di addensamento (vedi profili penetrometrici e curve granulometriche in Figura 11,12 e 13). Nel settore di chiusura a pinch-out contro la paleofalesia, alla base del cuneo sabbioso, sono sovente presenti depositi ghiaiosi addensati (presso Rimini Nord) o depositi sabbiosi più grossolani (a tratti con ghiaietto) ed addensati, talora con presenza di frammenti conchigliari (soprattutto presso Rimini Nord).



(a)

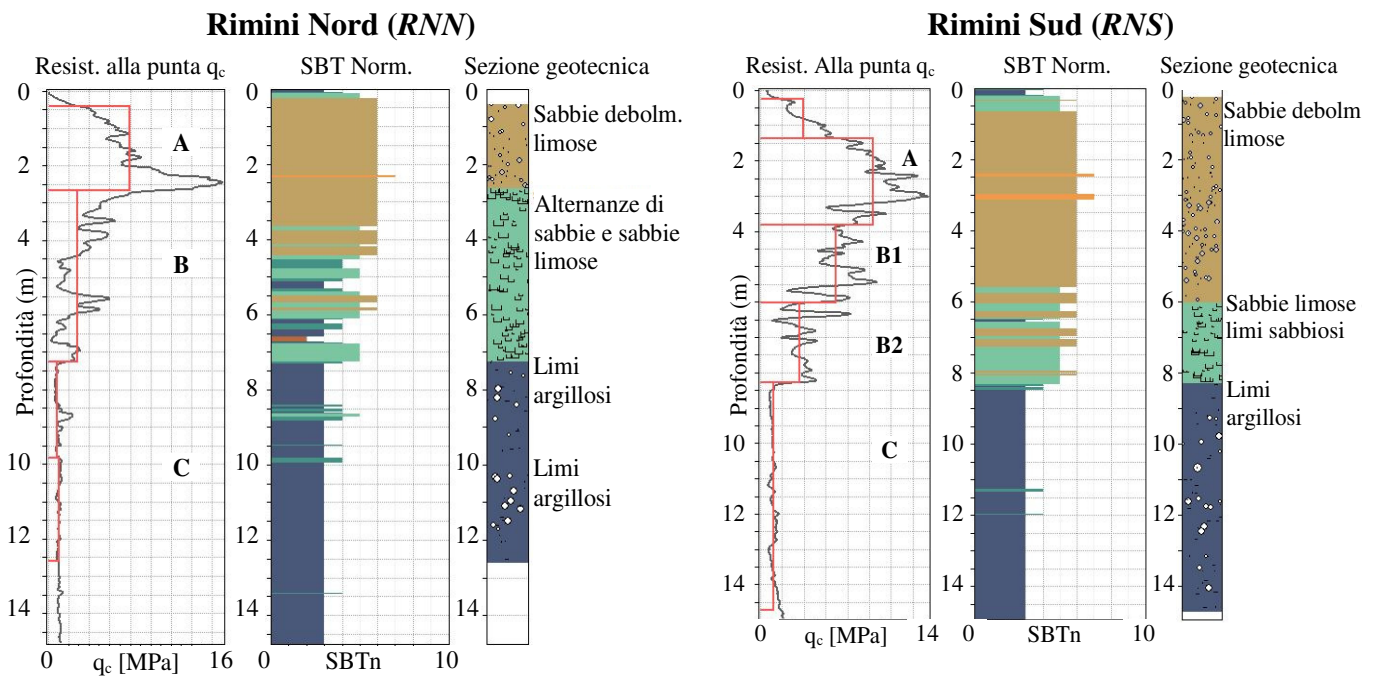


(b)



(c)

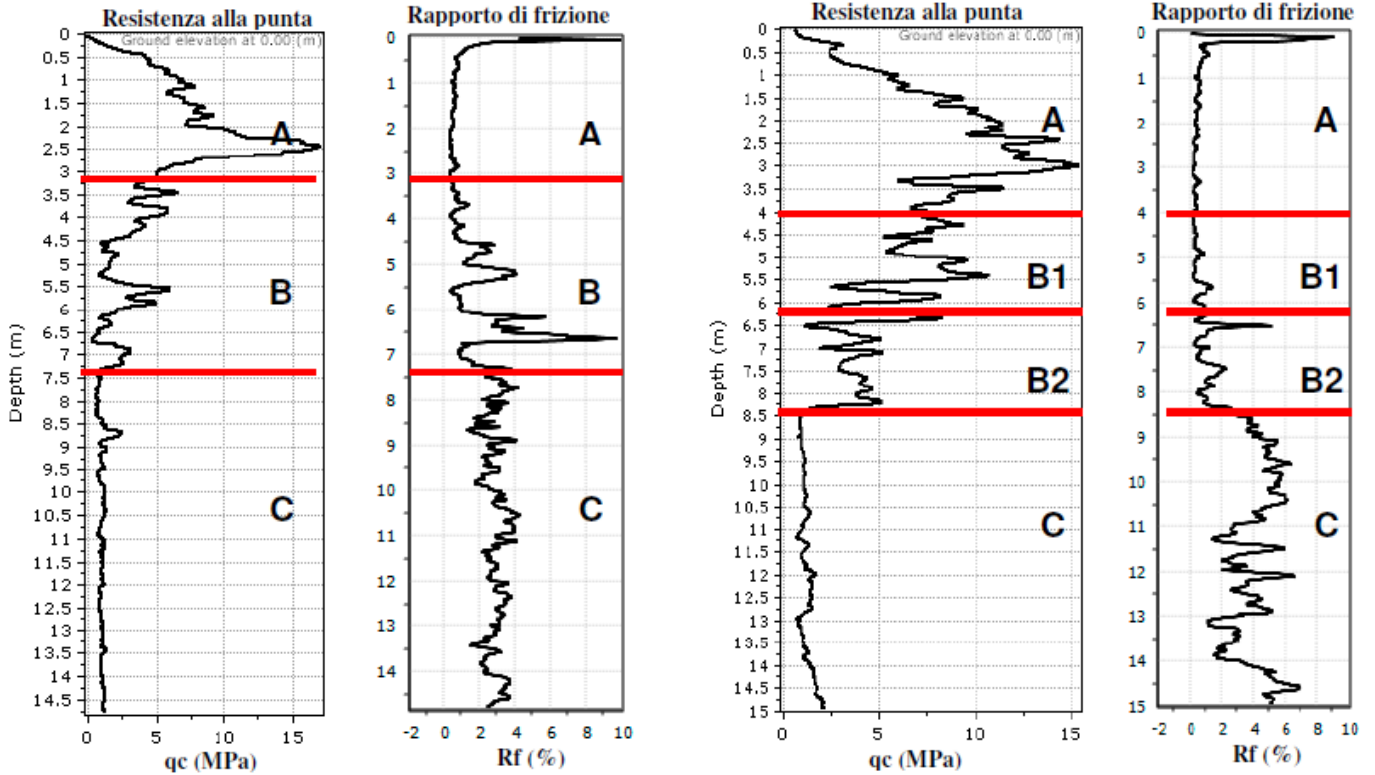
Figura 10 - (a) Assetto dei depositi costieri (tratta da Merli A., 2019) con rappresentazione delle prove in sito utilizzate, le tracce di sezione e la perimetrazione dei depositi marini costieri; (b) Tipica sezione geologica costiera (Veggiani, 1982); (c) Sezione geotecnica N2 lungo il tratto di Rimini Nord (RNN) (Merli A., 2019).



a)

Rimini Nord (RNN)

Rimini Sud (RNS)



b)

Figura 11 - a) Tipica sequenza litotecnica costiera (Unità A-B-C) per le macroaree Rimini Nord (RNN) e Rimini Sud (RNS) in termini di resistenza alla punta  $q_c$  e indice  $I_c$  SBTn (Normalized Soil Behavior Type). b) Tipico andamento di  $q_c$  e rapporto di frizione (friction ratio) riscontrabile in RNN e RNS (Merli A., 2019).

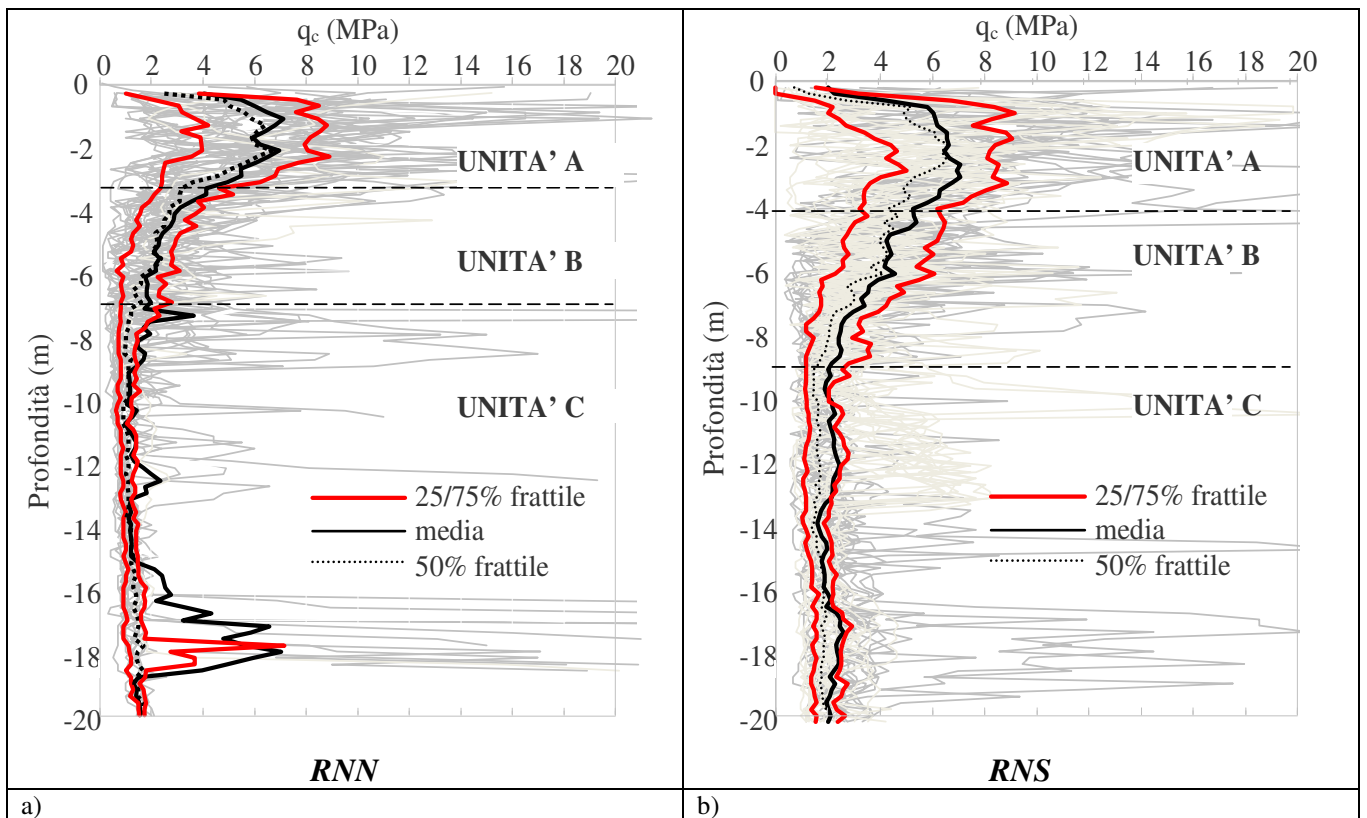


Figura 12 Profilo medio, 25°, 50° e 75° percentile della distribuzione di  $q_c$  sovrimesti al dataset complessivo delle CPT analizzate per le aree RNN (a) e RNS (b) (Merli A., 2019).

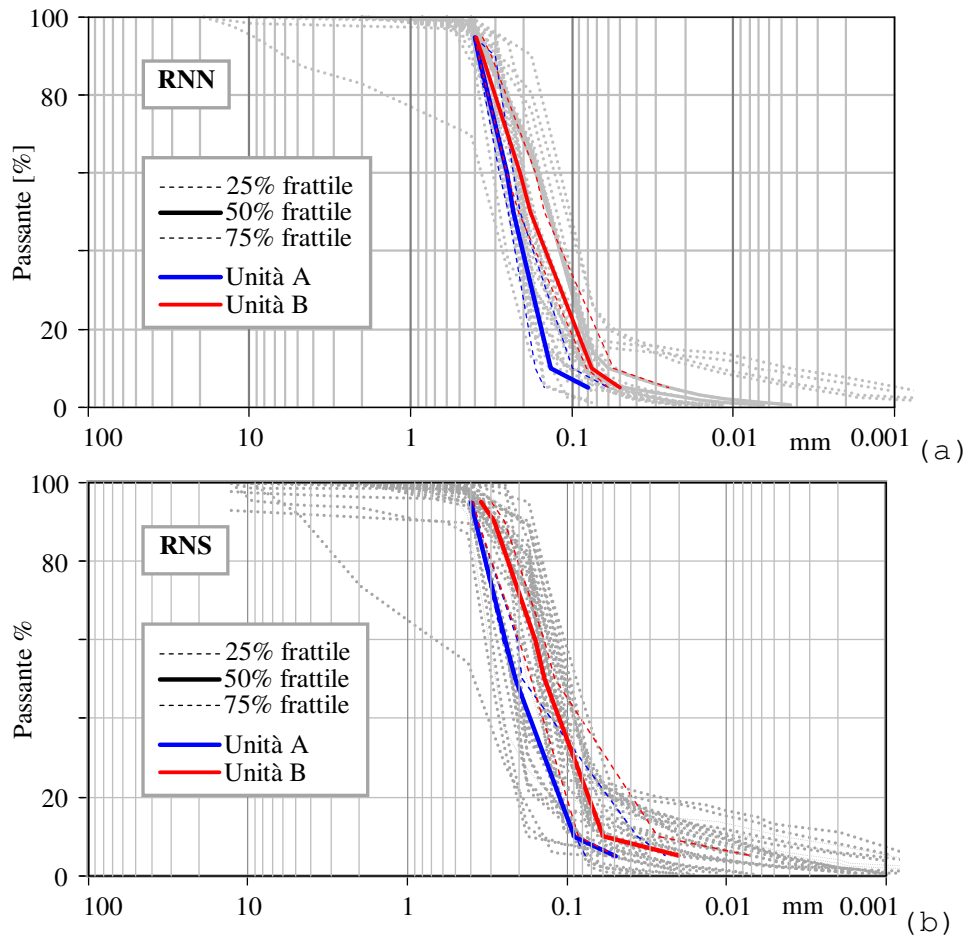


Figura 13 - Distribuzione granulometrica caratteristica delle Unità A e B di RNN (a) e RNS (b) (Merli A., 2019).

La distribuzione granulometrica generale di entrambe le unità A e B (Fig. 13) evidenzia una tessitura generalmente un po' più fine e meno cernita per il tratto costiero di Rimini Sud (RNS) rispetto a quello di Rimini Nord (RNN).

I depositi alluvionali di letto, a livello litotecnico, vengono identificati quale *Unità C*, alla cui sommità possono talora presenti circoscritti orizzonti metrici di ghiaie, quali strutture relitte di paleoalveo dei corsi d'acqua locali e/o di barra di foce. Le sezioni litostratigrafiche/litotecniche superficiali di riferimento, rappresentative per i vari settori del territorio costiero studiato, unitamente alla loro ubicazione, sono riportate in allegato alla presente e denominate N1, N2, C, S1, S2, in cui le sopracitate Unità litotecniche A, B e C sono rispettivamente identificabili con i litotipi SW, SM, ML come codificati nella tabella di classificazione dei terreni negli studi di microzonazione sismica (par. 2.1.9.1 degli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica - Microzonazione sismica - Versione 4.1.1); in tali studi pregressi gli orizzonti ghiaiosi presenti talora all'interno o al tetto dell'Unità C sono individuabili con la sigla GC. Tale assetto viene altresì schematizzato nelle colonnine stratigrafiche di cui alla carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) del recente studio di microzonazione sismica del comune di Rimini.

L'andamento rappresentativo dei profili stratigrafici rilevati lungo l'arenile viene identificato nelle sezioni longitudinali in allegato B2\_TAV1 e B2\_TAV2 (sezioni long. di Rimini Nord e Rimini Sud).

Data la morfologia pianeggiante non si rinviene alcuna evidenza di fenomeni gravitativi.

Gli unici movimenti verticali in condizioni statiche sono legati alla subsidenza. In particolare ARPAE su incarico della Regione, Assessorato difesa del suolo e della costa, protezione civile e politiche ambientali e della montagna, nel 2018 ha realizzato un aggiornamento del progetto "Rilievo della subsidenza nella pianura emiliano – romagnola". Tale rilievo nel litorale riminese pone in evidenza valori di subsidenza differenziali fra le zone periferiche e quelle centrali (in corrispondenza del portocanale e sino a circa 1.5-2.0 km più a sud). Nella provincia di Rimini si registra una generale riduzione degli abbassamenti che ora si attestano mediamente intorno a 2 mm/anno. Come

apprezzabile in figura 14, la città di Rimini presenta abbassamenti massimi compresi tra 5 e 7.5 mm/anno, in riduzione rispetto al precedente rilievo (2006-2011), in coerenza con gli altri dati rilevati nel periodo 2011-2016 da ARPAE sull'intera area costiera sulla base di analisi interferometrica radar mediante la tecnica SqueeSAR™ (Report Aprile 2018).

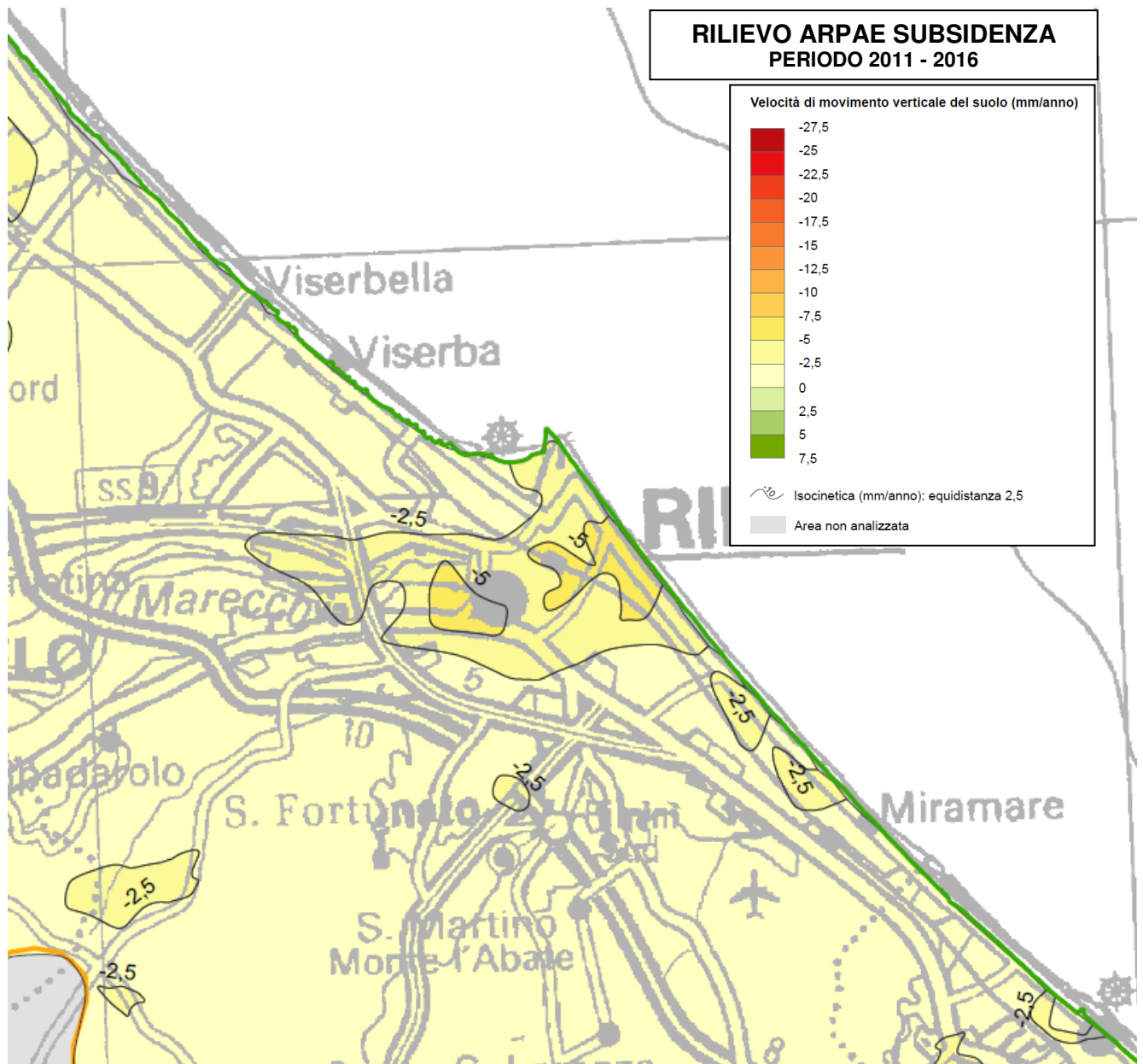


Figura 14 – Stralcio rappresentativo della carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2011-2016. Litorale – ARPAE, 2018.

### 3.2 Idrografia e rischio idraulico.

Dal punto di vista idrografico, nel territorio studiato si possono distinguere quattro corpi idrici principali, partendo da N verso S, con foce diretta in Adriatico: Uso, Marecchia, Ausa, e Marano. Si evidenziano inoltre rii e fossi affluenti dei corsi d'acqua principali appartenenti alla rete scolante secondaria.

Lo schema generale del reticolo idrografico nel territorio comunale è riportato nella seguente carta di inquadramento generale (Figura 15).

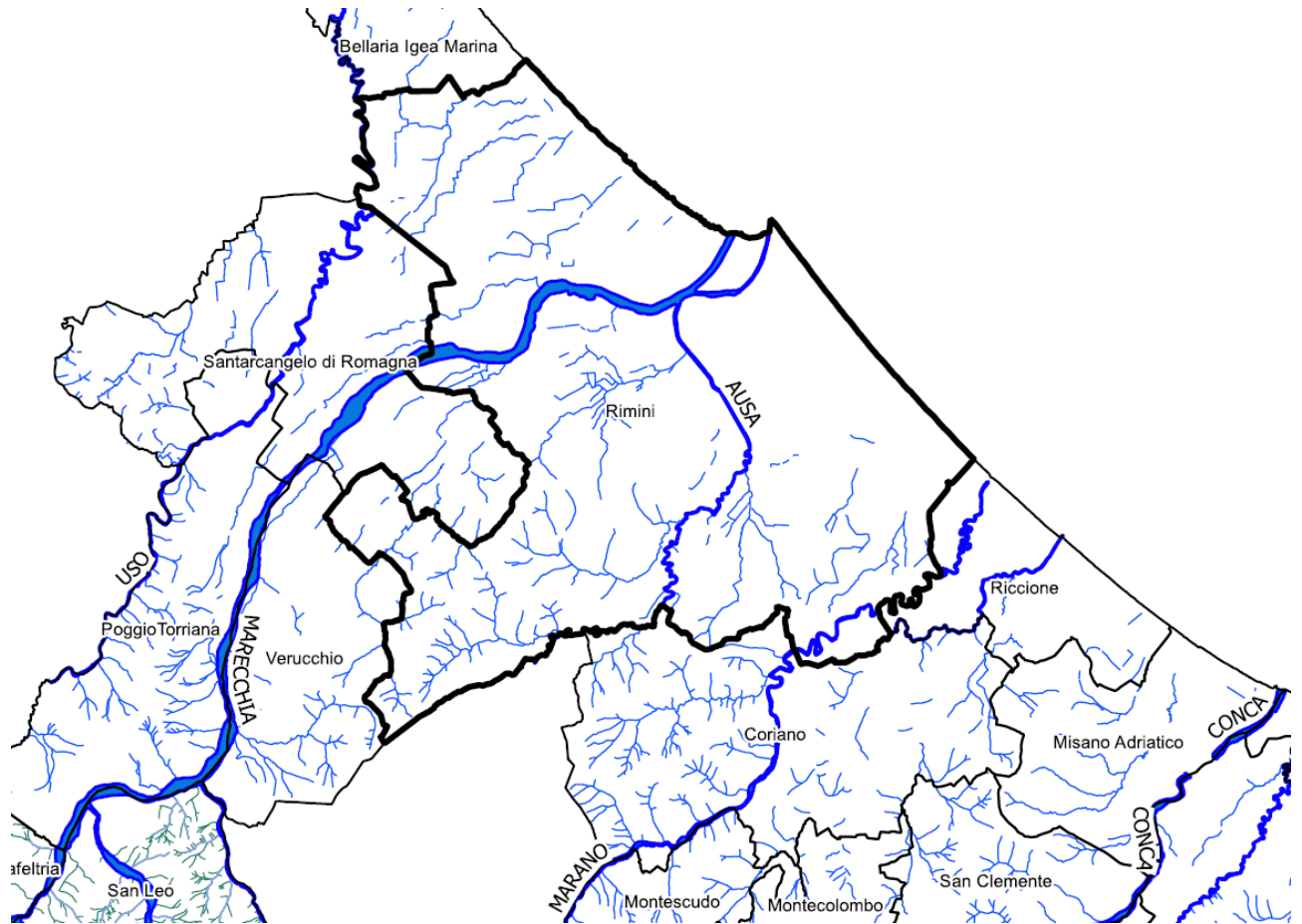


Figura 15 – Schema del reticolo idrografico principale nel comune di Rimini e limitrofi

In linea generale, anche per i corsi d'acqua principali, si tratta di corsi d'acqua a carattere torrentizio con forti magre estive e piene straripanti nei periodi autunno-invernali. Tale situazione di portate estreme è dovuta principalmente al regime pluviometrico (deflussi legati agli afflussi meteorici) ed alla presenza di terreni scarsamente permeabili (argille, marne, argille marnose).

La rete idrografica minore è caratterizzata da criticità connesse a problematiche assai dissimili a quelle relative alle aste principali: negli areali di pianura le situazioni di pericolosità sono infatti essenzialmente legate a difficoltà nello smaltimento delle acque piovane in occasione di eventi di pioggia particolarmente intensi, in relazione ai tombinamenti dei tratti urbani, mentre nel territorio montano-collinare si evidenziano criticità spesso connesse a fenomeni di sovralluvionamento o di erosione di sponda. Merita attenzione il tratto terminale del Fiume Marecchia (circa due chilometri) il cui corso storico transitava sotto al ponte di Tiberio (situato all'ingresso settentrionale della città storica) per poi sfociare in mare tramite il porto canale. Tra il 1924 e il 1930, per evitare le periodiche esondazioni, fu costruito un alveo artificiale denominato "Deviatore del Fiume Marecchia". A seguito di questa deviazione, la foce attuale è situata nei pressi di San Giuliano Mare e Rivabella.

Il Torrente uso, nel suo tratto terminale sfocia nel comune di Bellaria-Igea Marina, alla cui foce si è insediato il relativo porto canale. Il Torrente Ausa, ora tombinato, scorre nella porzione centrale del Piazzale Kennedy dove trova il suo sbocco in mare. Il Torrente Marano sfocia invece nella parte settentrionale del territorio comunale di Riccione, circa 600 mt centinaia di metri dal confine con il territorio di Rimini; Esso rappresenta il principale elemento idrografico dell'area che delimita a sud la fascia costiera di interesse.

Il Fiume Marecchia, da un lato, e il Torrente Uso, Ausa ed il Marano, dall'altro, hanno caratteristiche idrografiche differenti: mentre il primo possiede un corso a tratti quasi rettilinei con una distesa di alluvioni ciottolose con abbondante trasporto sul fondo tipico dei fiumi intrecciati (alveo tipo "braided") gli altri, nel loro tratto naturale, possiedono un carattere marcatamente meandriforme.

Se si eccettua il vicino canale portuale e il Fiume Marecchia che sfocia più a nord l'idrografia superficiale dell'area urbanizzata e costiera risulta sostanzialmente assente in quanto ha lasciato gradualmente il posto alla regimazione antropica delle acque con il tombinamento dei corsi d'acqua



secondari. Pertanto l'originario reticolo idrografico riveste una importanza ormai trascurabile rispetto alla rete fognaria sotterranea che convoglia le acque meteoriche direttamente fino al mare attraverso collettori e fosse consorziali costituenti la rete di scolo secondaria.

Di seguito in figura 16 e 17 si riportano quindi due stralci cartografici, tratti dal sistema informativo del Consorzio di Bonifica della Romagna, con l'ubicazione delle fosse consorziali nell'ambito dei tratti costieri a nord e sud del Portocanale.

SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE CONSORZIO DI BONIFICA

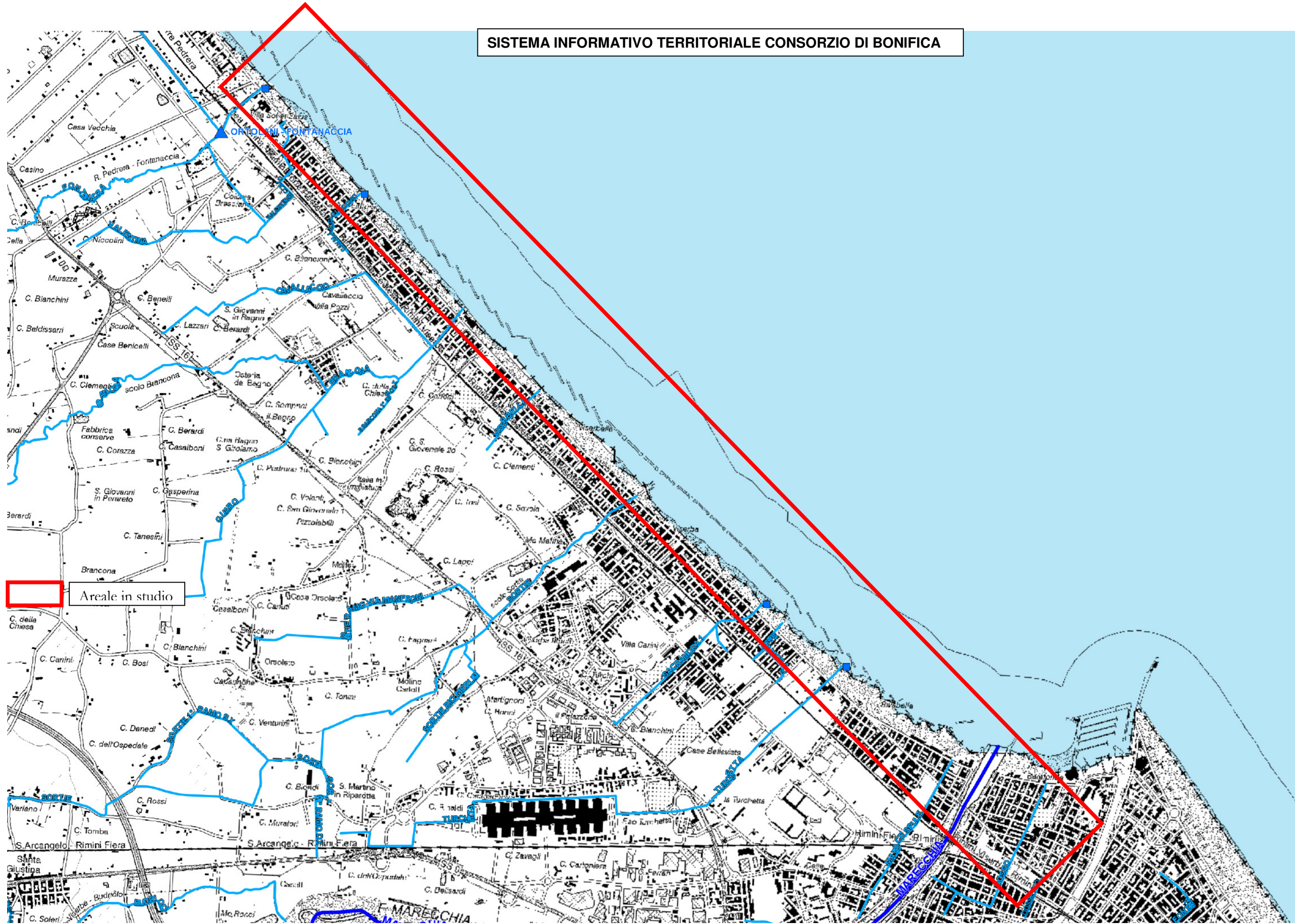


Figura 16 – Stralcio cartografico web-gis ubicazione fosse consortiali – Rimini Nord - Consorzio di Bonifica della Romagna.

SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE CONSORZIO DI BONIFICA

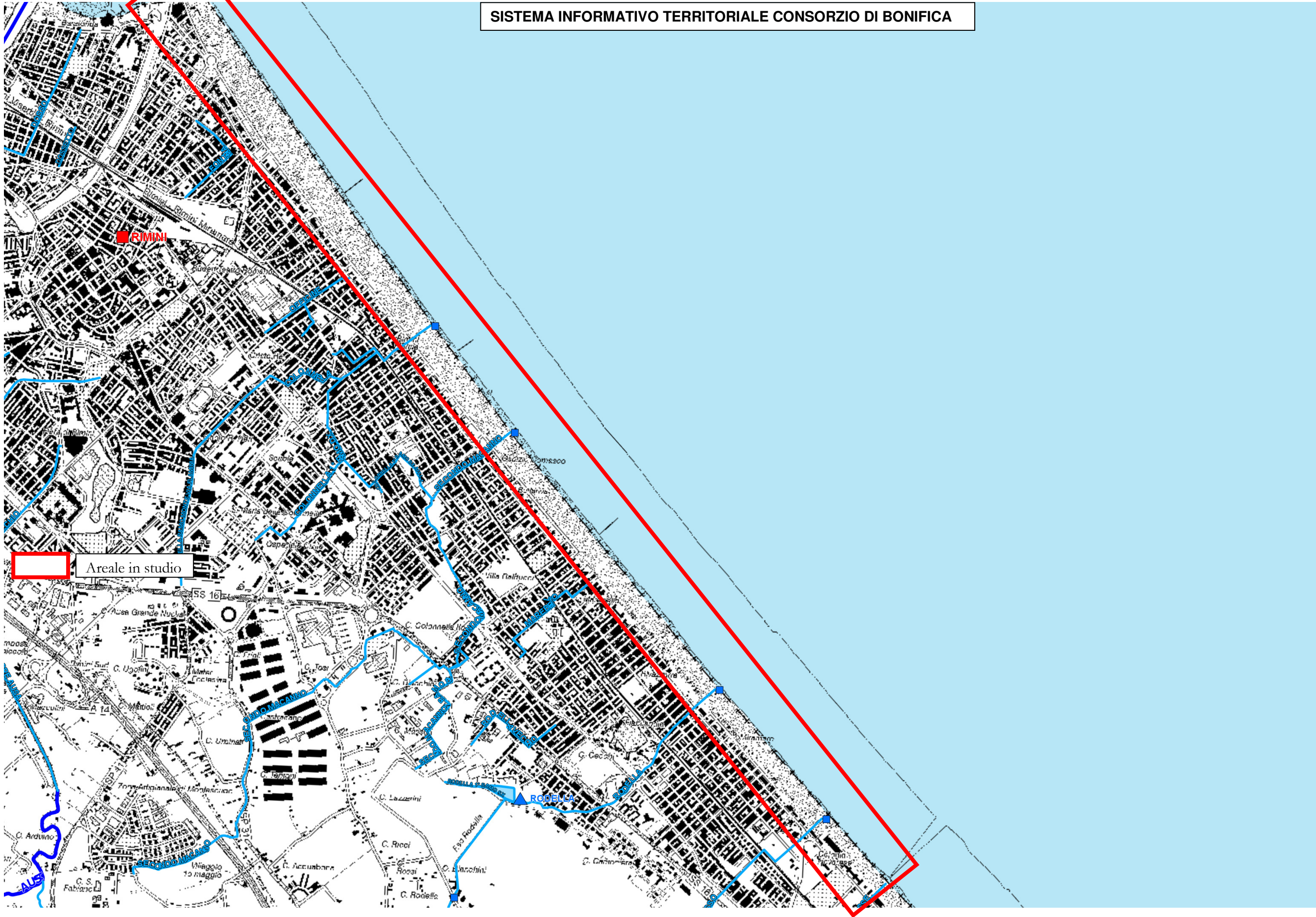


Figura 17 – Stralcio cartografico web-gis ubicazione fosse consorziali – Rimini Sud - Consorzio di Bonifica della Romagna

Per quanto attiene il rischio idraulico si fa riferimento allo studio della Autorità Interregionale di Bacino dei Fiumi Marecchia e Conca (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico; vedi figure a pagina successiva). In particolare nella Tavola n. 1 del Progetto di Variante del Piano Stralcio (adottato con Deliberazione n. 1 del 27 aprile 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità Interregionale) di fatto segnala come assente il problema dell'esondabilità da parte del reticolo idrografico principale rappresentato dal canale portuale e Deviatore Marecchia (Vedi Figura 18). Nella Tavola n. 3 si segnala un rischio di esondabilità a confine con il territorio comunale di Riccione determinato da una zona leggermente depressa che funge da cassa di espansione per eventuali piene di carattere eccezionale (Vedi Figura 19).

Tale affermazione trova conferma nella Carta della Idrografia Superficiale B4.a del Piano Strutturale Comunale di Rimini (approvato con Delibera di C.C. n. 15 del 15/03/2016). Anche in riferimento a quanto espresso nel PTCP 2007 variante 2012 l'intera area di interesse non ricade all'interno di alcuna zonazione indicata come "Ambito a Pericolosità Idraulica" della Tavola D/1 – RISCHI AMBIENTALI, e pertanto risulta non esondabile.

Gli stralci che seguono della Tavola n. 1 e n. 3 del PAI riportano le fasce con probabilità di inondazione corrispondenti a tempi di ritorno fino a 500 anni (art. 9 Norme di Piano) ed evidenziano chiaramente come la distanza dell'area di intervento dalla zona di esondabilità del Fiume Marecchia, nella parte settentrionale dell'area, sia di circa 300 mt. Invece la fascia di esondabilità del Torrente Marano, nella porzione meridionale del territorio riminese, va a lambire la zona 3 in corrispondenza con il confine comunale.

L'intera area in oggetto non rientra altresì all'interno di alcuna fascia di vulnerabilità idrologica (art. 9 N.d.P.).

Per quanto riguarda i rischi derivanti dal reticolo idrografico secondario e da allagamenti costieri il Comitato Istituzionale dell'Autorità Interregionale del Bacino Conca - Marecchia, ha inserito nello stesso Progetto di Variante del "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino dei Fiumi Marecchia e Conca (PAI)", sia le "Mappe di pericolosità del reticolo secondario di pianura" che le "Mappe di pericolosità alluvioni marine".

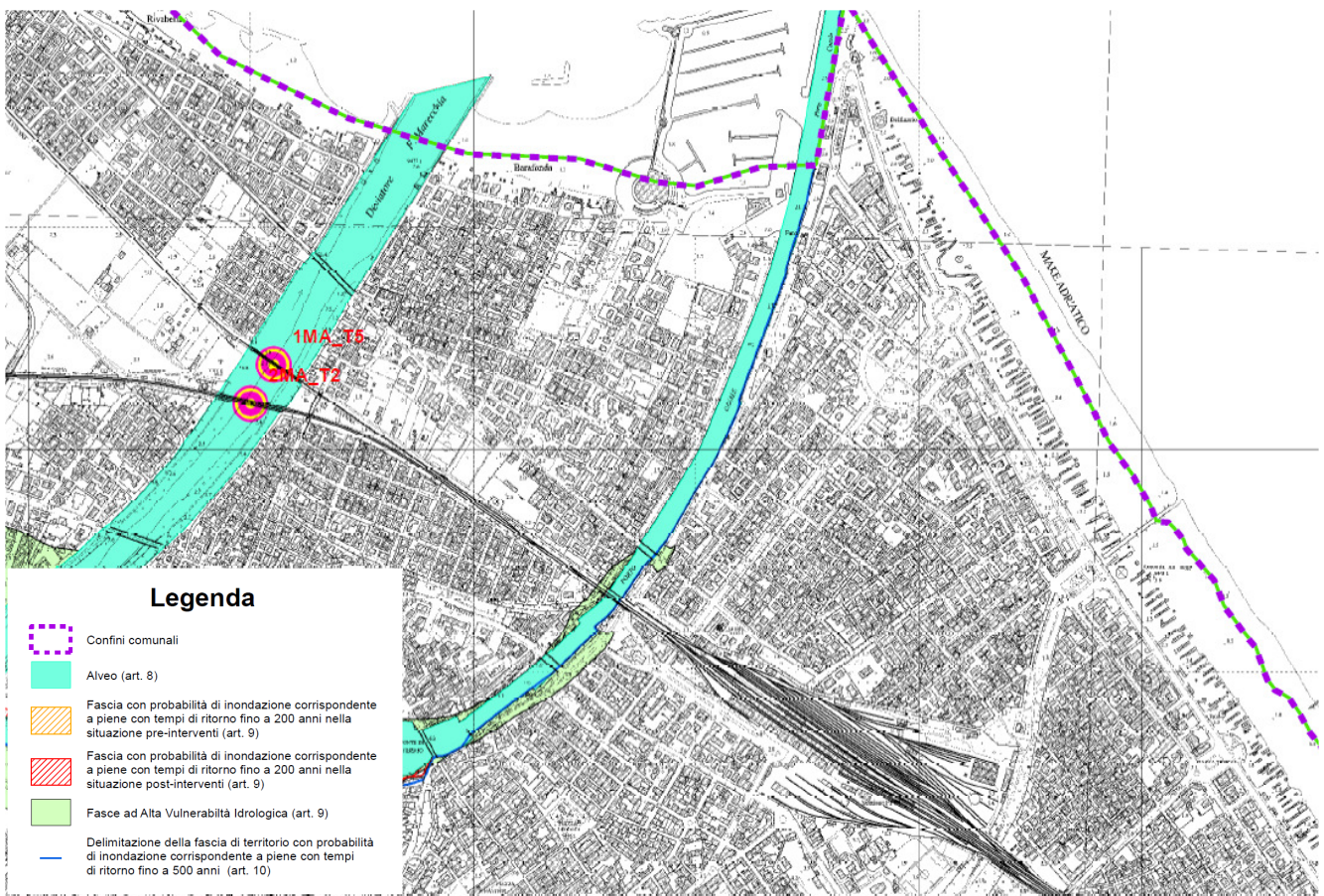


Figura 18 – Stralcio cartografico PAI Variante 2016 - Mappa della pericolosità del reticolo idrografico principale

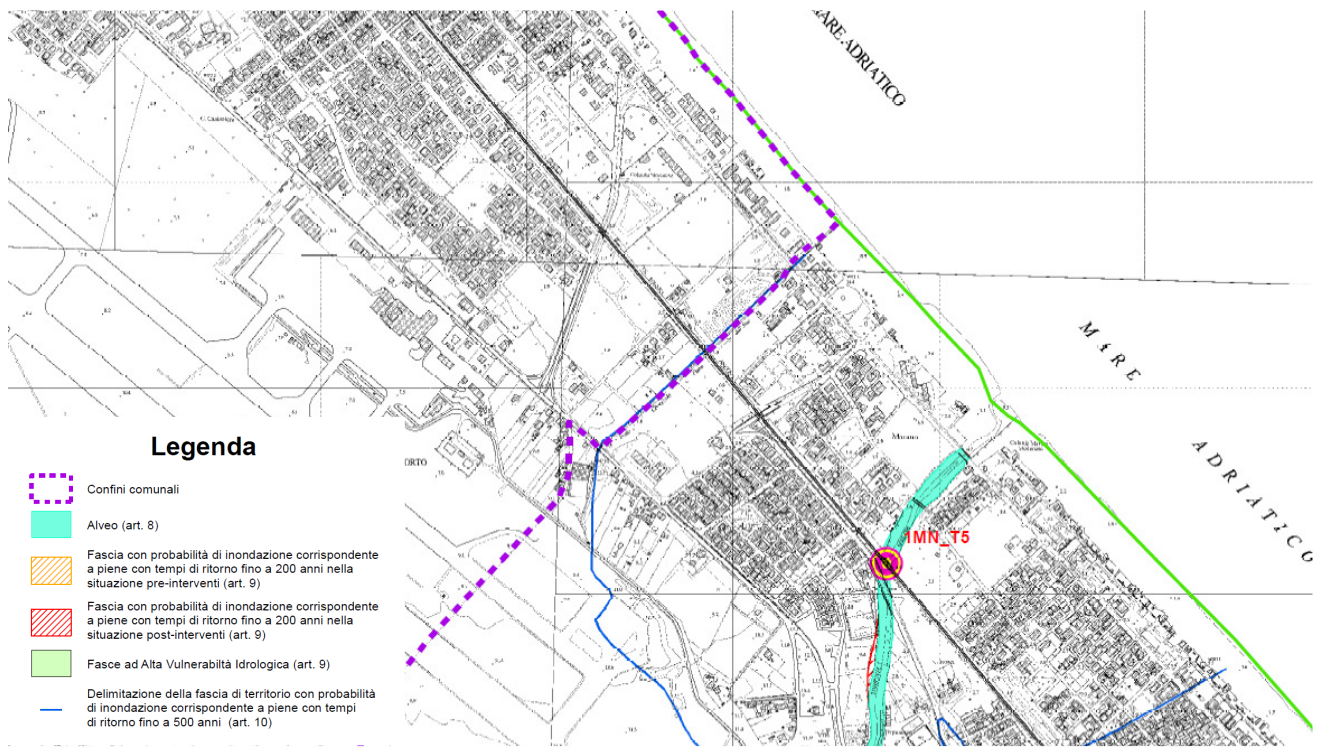


Figura 19 – Stralcio cartografico PAI Variante 2016 - Mappa della pericolosità del reticolo idrografico principale

Nelle mappe della pericolosità - Reticolo secondario di pianura (Tavola generale n. 5.1 del PAI – Variante), gran parte degli arenili e adiacenti lungomari si colloca all'interno di un territorio caratterizzato da "alluvioni poco frequenti" (bassa probabilità – P2), trattate e normate dagli artt. 20, comma 3, punto b) e 21, commi 1 e 2 delle Norme di Piano che coordinano il Piano Stralcio con le Mappe di pericolosità e del rischio di alluvione del P.G.R.A.

Come osservabile dallo stralcio di figura 20 fa eccezione il tratto di costa centrale e a nord del Deviatore Marecchia, interessato anche da Alluvioni frequenti (con Tr fino a 10 anni). Sono ricompresi tutto l'arenile ed aree a monte di San Giuliano Mare nonché una fascia di monte dell'arenile che va da Rivabella (in prossima alla foce del Deviatore) sino circa all'incrocio con via Pallotta a Viserba nonché tutto il tratto di lungomare nord retrostante (facente parte del Parco del Mare di Rimini Nord) che va da Rivabella (Deviatore Marecchia) sino all'incrocio con viale Grazia Verenin (Viserbella).

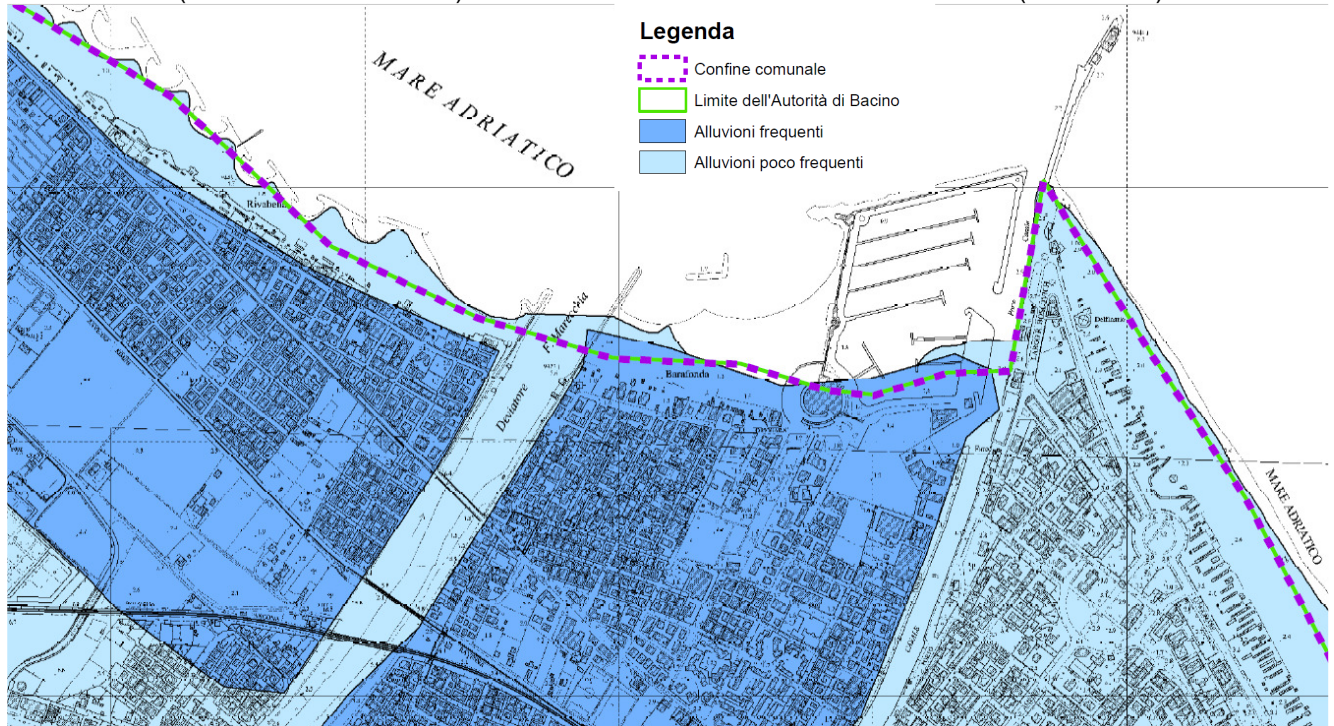


Figura 20 – Stralcio cartografico PAI Variante 2016 - Mappa della pericolosità del reticolo secondario di pianura

Di fatto per l'area del Piano dell'Arenile non si pongono vincoli o tutele specifiche, tuttavia si segnala comunque la possibilità di rischio di alluvioni, che eventualmente potrà essere valutata nella fase progettuale e normativa della redazione del Piano. Si segnala infine anche la nota di chiarimenti e precisazioni alle norme del Piano introdotte dalla Variante PAI 2016 con riferimento al comma 2 dell'art. 21, e predisposta dall'Autorità di Bacino Interregionale Marecchia-Conca del 19/10/2016 prot. 573 attraverso delibera del Comitato Tecnico nella seduta del 17 ottobre 2016.

La "pericolosità di alluvione" relativa all'ambito costiero marino infine è stata introdotta con gli artt. 20, comma 4 e 21, comma 3 delle NTA della Variante PAI 2016. In particolare è previsto che nelle more della predisposizione di "disposizioni riguardanti la sicurezza idraulica della costa", gli strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale verifichino la congruenza delle previsioni da attuare con il quadro delle pericolosità di inondazione per le zone P3 (alluvioni frequenti con Tr fino a 10 anni), per le zone P2 (alluvioni "poco frequenti" con Tr fino a 100 anni) e le zone P1 (alluvioni "rare" con  $Tr \gg 100$  anni), valutando la sostenibilità di dette previsioni, eventuali alternative localizzative e di misure volte alla riduzione della vulnerabilità dei beni e delle persone esposte.

Per quanto riguarda quindi la pericolosità per alluvioni marine, ad integrazione ed approfondimento di quanto desumibile dalla cartografia PAI, il tema dovrà essere approfondito nell'ambito di uno studio specifico a corredo del presente Piano dell'Arenile. In particolare per le zone di Piano limitrofe al tratto mediano e terminale del Portocanale, per via dei complessi fenomeni di interazione marina e fluviale, andrà debitamente valutato anche il rischio di esondazione con superamento delle quote di banchina ed espansione sulle aree laterali limitrofe.

### 3.3 Idrogeologia.

Per quanto riguarda gli assetti geologici-idrogeologici generali e della conoide del Marecchia si potrà far riferimento al precedente par. 2.2, mentre nello specifico per quanto concerne l'acquifero superficiale A0, esso costituisce un corpo tabulare nastriforme (prisma litorale sabbioso) linearmente esteso lungo la striscia costiera di interesse. In particolare esso è delimitato verso l'entroterra, nel sottosuolo, dai terreni alluvionali fini limo-argillosi e morfologicamente, in superficie, da un gradino morfologico (paleofalesia) che costituisce un terrazzamento linearmente esteso lungo costa interrotto solamente dalla conoide alluvionale del Fiume Marecchia.

Le sabbie litorali del primo sottosuolo possiedono discrete capacità drenanti: permeabilità orizzontale da media ad elevata ( $K_h = 1E-4 - 1E-6$  mt/sec) e discreta porosità efficace (10% - 25%) mentre i limi argillosi sottostanti sono classificabili come semipermeabili ( $K_h = 1E-8 - 1E-10$  mt/sec) o, a tratti, anche impermeabili. La falda freatica è alimentata da precipitazioni direttamente insistenti sull'area e dalla infiltrazione idrica da monte. Essa è caratterizzata da oscillazioni contenute, anche in virtù della vicinanza alla linea di costa e direzione di scorrimento generalmente verso nord est.

Al riguardo delle caratteristiche di vulnerabilità dell'acquifero superficiale si fa riferimento a quanto espresso nel P.T.C.P. (Tavola D1 Rischi Ambientali) che evidenzia come la zona in studio ricada al di fuori di qualsiasi "area di ricarica della falda freatica". Ciò è confermato anche dal PAI nella Tavola 4-1 essendo esterne alle fasce indicate come "AVI" (ambiti ad alta vulnerabilità idrologica).

Inoltre le aree del Piano dell'Arenile non risultano interferire con alcuna zona di tutela dei pozzi per uso idropotabile.

Considerata la vicinanza alla linea di riva il livello freatico è influenzato, talora sensibilmente, anche da fenomeni di innalzamento determinati da alta marea o forti mareggiate soprattutto in concomitanza con eventi meteorici intensi e prolungati.

Sulla scorta dei dati disponibili da bibliografia, studi/monitoraggi pregressi ed alle evidenze delle nuove prove realizzate, in corrispondenza delle zone non urbanizzate di arenile (dal piede dei lungomari), in base alla distanza dalla linea di battigia e delle specifiche conformazioni morfologiche locali, è possibile ipotizzare una soggiacenza media a profondità comprese tra -0.5 e -1.2 m dal p.c. locale (ovvero circa corrispondente al livello marino)

In sintesi da questi dati nonché in base alla raccolta di testimonianze storiche e alla conoscenza idrogeologica locale derivata da una serie di indagini effettuate sul territorio limitrofo, per le aree oggetto di studio si può ragionevolmente ipotizzare un massimo innalzamento stagionale "medio" della falda freatica sino a ml -0.8/1.0 dal piano campagna attuale in corrispondenza del tratto mediano dell'arenile e circa -1.0/1.2 ml da p.c. in prossimità della sede stradale del lungomare. Ciò se si Considera la vicinanza alla linea di riva che influenza indirettamente il livello freatico con occasionali e

brevi fenomeni di innalzamento determinati da alta marea o forti mareggiate soprattutto in concomitanza con eventi meteorici intensi e prolungati. *Tuttavia occorre considerare come tale dato possieda un certo margine di incertezza trattandosi di valutazioni non suffragabili direttamente visto anche il breve periodo di osservazione entro i fori di sondaggio, unico dato a disposizione per la presente indagine in rapporto alle oscillazioni stagionali e ai cicli meteorologici pluriennali.*

Il complesso acquifero A1 invece, rappresentato da alcuni livelli ghiaiosi (vedi sezione lungo costa n. 59 a pag. 14 e profilo stratigrafico di riferimento) comporta valori piezometrici di salienza prossimi e, sovente nel tratto costiero di Rimini Nord (RNN), superiori di alcuni metri al piano di campagna.

Al proposito l'andamento generale del livello piezometrico medio nella zona è desumibile dalle figure successive tratte da Severi ed altri (2014), ove tale falda presenta un flusso con direzione di scorrimento prevalente a nord est, talora con alcune variazioni dovute verosimilmente ai prelievi, specie a quelli da pozzi ad uso acquedottistico. La figura 21b) rappresenta la soggiacenza "media" (ovvero la profondità dell'acqua rispetto al piano campagna), rilevata tra il 2001 ed il 2012, calcolata sottraendo il livello piezometrico medio dal piano campagna negli stessi punti visti per la piezometria.

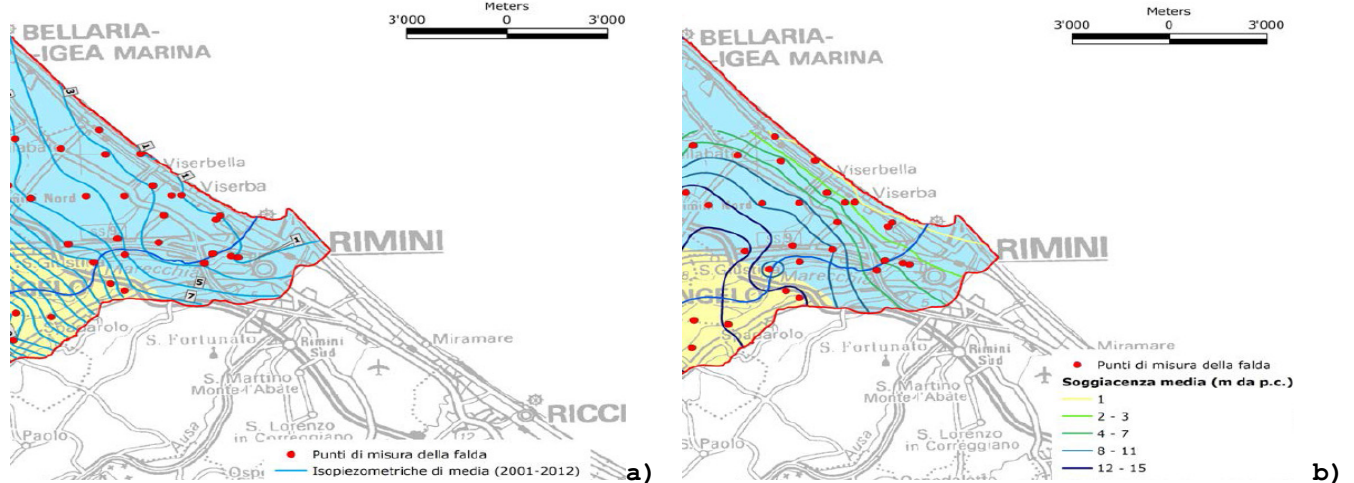


Figura 21 – Stralcio cartografico Severi ed altri (2014)- Isopiezometriche (a) e soggiacenza (b) media.

Da tali mappe si desume, per l'area oggetto di intervento, un livello piezometrico medio dell'acquifero A1 pari a +1.0 mt s.l.m. e una conseguente soggiacenza media di meno un metro dal piano di campagna (vedi figura precedente).

Invece il livello piezometrico "massimo" rilevato sempre in tale periodo (vedi figure 22a e 22b) presenta una quota locale di +2/+3 mt s.l.m. comportando una situazione di soggiacenza minima pari a -1/+1 mt e, pertanto, si presenterebbe come fluente in superficie soprattutto nei periodi di massima ricarica stagionale.

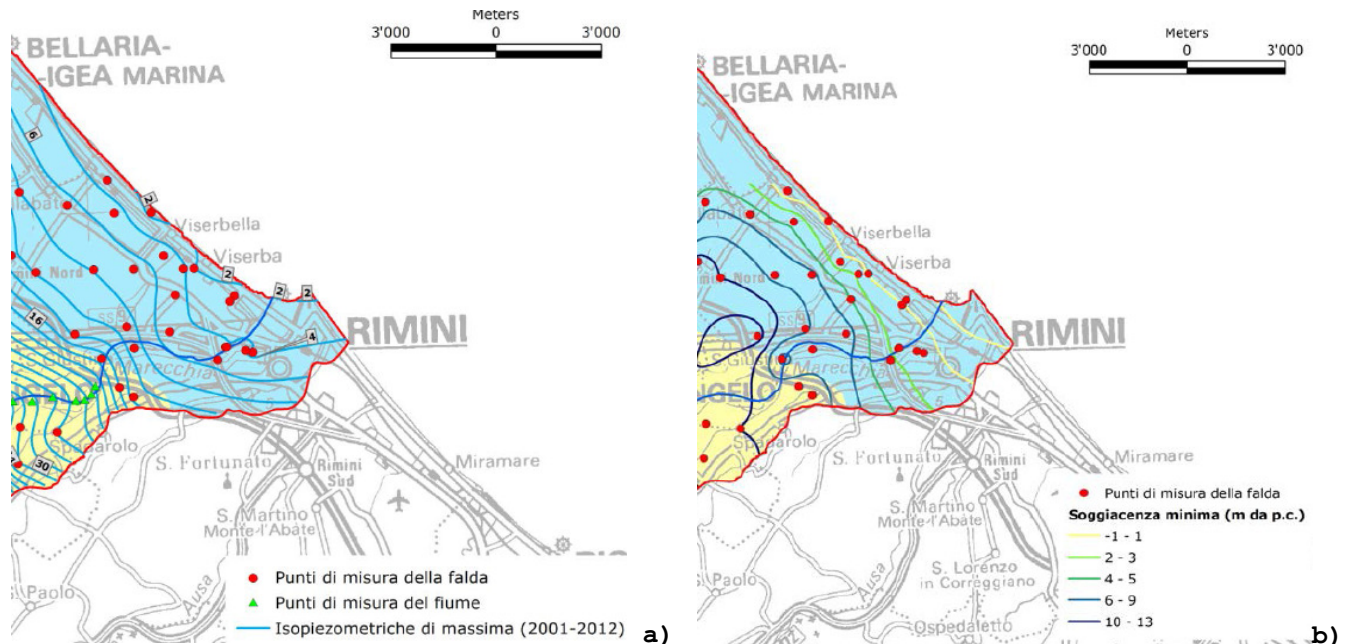


Figura 22 – Stralcio cartografico Severi ed altri (2014)- Isopiezometriche massime (a) e soggiacenza minima (b).

Come trattato in precedenza sempre da informazioni storiche e bibliografiche è possibile rilevare anche come, in occasione di stagioni meteorologiche particolarmente ricche di precipitazioni o di orizzonti acquiferi maggiormente spessi ed interconnessi, per A1 possono ipotizzarsi importanti fenomeni di artesianità, dovuti a innalzamenti piezometrici superiori alla superficie topografica (con prevalenza sino ad alcuni metri sopra il piano campagna).

Nel caso in cui si prevedano opere particolari con sbancamenti in profondità si consiglia di installare dispositivi di monitoraggio piezometrico con fenestrazione all'interno dell'acquifero A1. Ciò per verificare con maggior precisione la reale potenzialità di salienza della falda artesianiana ed un eventuale monitoraggio in corso d'opera.

### 3.4 Valutazioni Idrogeologiche per Opere di Regimazione.

Per il progetto di tratti di fognature e di opere di scolo delle acque bianche supplementari alla rete fognaria già esistente nelle aree limitrofe si possono utilizzare i dati di seguito riportati.

Conoscendo i dati delle precipitazioni massime, minime e medie e della piovosità massima con durata da una a ventiquattro ore (Stazioni idrografiche site in Provincia di Rimini) si sono ipotizzate le precipitazioni massime (tramite elaborazione statistica di Gumbel con metodo utilizzato dal Consorzio di Bonifica) con tempi di ritorno da decennali a monosecolari.

Tale metodo prevede una curva di possibilità climatica secondo la seguente relazione:  $H = a \cdot t^n$

ove

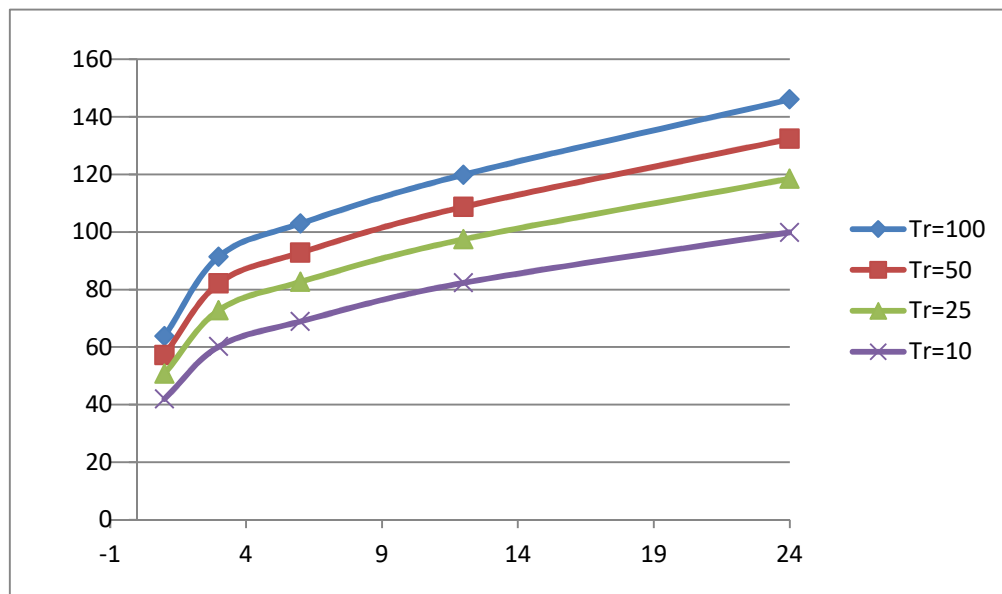
H = altezza precipitazione (in mm)

t = tempo durata precipitazione (in ore)

In particolare la base di dati utilizzata copre un ampio periodo temporale, tra il 1934 ed il 2016, interessando anche i recenti eventi di precipitazione intensa e, quindi, le trasformazioni climatiche in corso. In particolare la stazione pluviometrica di riferimento, anche per gli aggiornamenti recenti, è stata "Rimini Urbana", attualmente posta in prossimità di Largo Antonio Gramsci, ritenuta rappresentativa per l'areale in studio. I dati relativi a tale stazione pluviometrica sono stati rilevati dagli annali idrologici ARPA aggiornati all'anno 2016.

Da tale elaborazione statistica, di seguito si riportano le altezze di pioggia in mm e le curve di possibilità climatica elaborate per durate  $t \geq 1$  ora e diversi tempi di ritorno.

	1 Ora	3 Ore	6 Ore	12 Ore	24 Ore
<b>Tr=100</b>	63.70	91.41	102.94	119.87	146.03
<b>Tr=50</b>	57.23	82.13	92.83	108.70	132.32
<b>Tr=25</b>	50.71	72.77	82.64	97.45	118.50
<b>Tr=10</b>	41.92	60.16	68.91	82.29	99.88





curva di possibilità climatica per precipitazioni di durata superiore a un'ora e **Tr=10 anni**

$$h=42,95t^{0,266}$$

curva di possibilità climatica per precipitazioni di durata superiore a un'ora e **Tr=25 anni**

$$h=52,11t^{0,259}$$

curva di possibilità climatica per precipitazioni di durata superiore a un'ora e **Tr=50 anni**

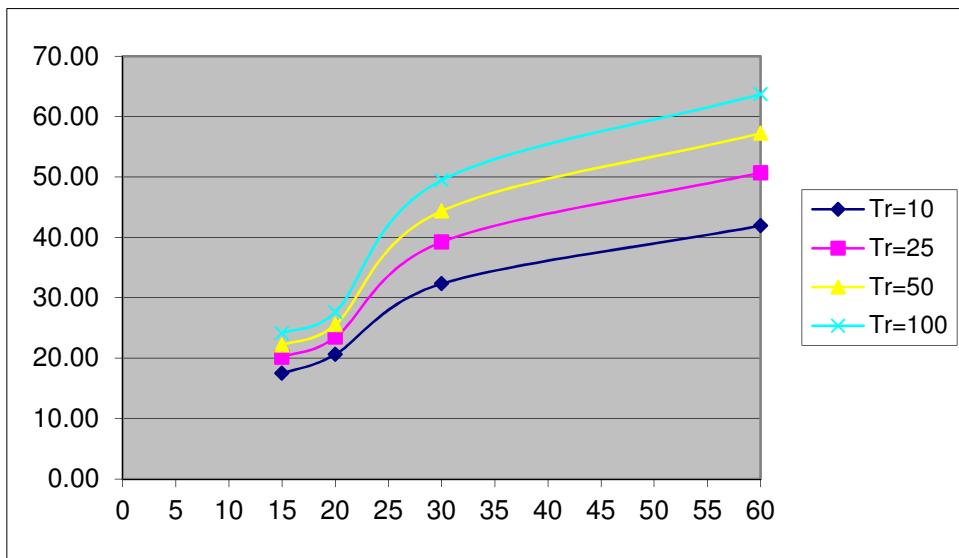
$$h=58,90t^{0,255}$$

curva di possibilità climatica per precipitazioni di durata superiore a un'ora e **Tr=100 anni**

$$h=65,65t^{0,252}$$

Per i medesimi tempi di ritorno possono altresì essere stimate piogge intense e di breve durata (tp<1ora) secondo i seguenti valori:

	15 min	20 min	30 min	60 min
<b>Tr=100</b>	24.13	27.64	49.45	63.70
<b>Tr=50</b>	22.15	25.55	44.36	57.23
<b>Tr=25</b>	20.16	23.45	39.23	50.71
<b>Tr=10</b>	17.47	20.62	32.31	41.92



curva di possibilità climatica per precipitazioni di durata inferiore a un'ora e **Tr=10 anni**

$$h=44,38t^{0,6524}$$

curva di possibilità climatica per precipitazioni di durata inferiore a un'ora e **Tr=25 anni**

$$h=54,13t^{0,6958}$$

curva di possibilità climatica per precipitazioni di durata inferiore a un'ora e **Tr=50 anni**

$$h=61,36t^{0,7204}$$

curva di possibilità climatica per precipitazioni di durata inferiore a un'ora e **Tr=100 anni**

$$h=73,79t^{0,7153}$$

Ulteriori valutazioni, in base alle esigenze progettuali, potranno essere effettuate sulla scorta della serie di dati pluviometrici riportati in Allegato n. 6 sia per precipitazioni di durata  $t_p > 1h$  che per eventi intensi e di breve durata con  $t_p < 1h$ .

### **3.5 Tutela Assetti Idrogeologici.**

In merito alla tutela degli assetti idrogeologici, per quanto riguarda espressamente il rischio idraulico ed alla interazione con la rete scolante principale e secondaria, si potrà fare riferimento a quanto già espresso al precedente paragrafo 3.2.

In aggiunta, sempre per quanto riguarda il rischio idrogeologico in termini più generali di rischio territoriale, nello stralcio della tavola D/1 del PTCP si segnala, inoltre, l'assenza di qualsiasi tipologia di "Ambiti a pericolosità geomorfologica" potenzialmente interferenti con le aree oggetto di piano (vedi figura 23).

Infine, legata all'assetto idrogeologico, ovvero alla presenza di falda nel primo sottosuolo, anche se intimamente connesso al rischio sismico, è la caratteristica di potenzialità di liquefazione dei terreni sabbiosi, presenti nell'area. Al proposito la tavola B9 del quadro conoscitivo del P.S.C. di Rimini, pone in evidenza tale aspetto segnalando per l'intero arenile la necessità di un doveroso approfondimento nel corso dello studio di Microzonazione Sismica di III livello ancora in via di completamento ed elaborazione.

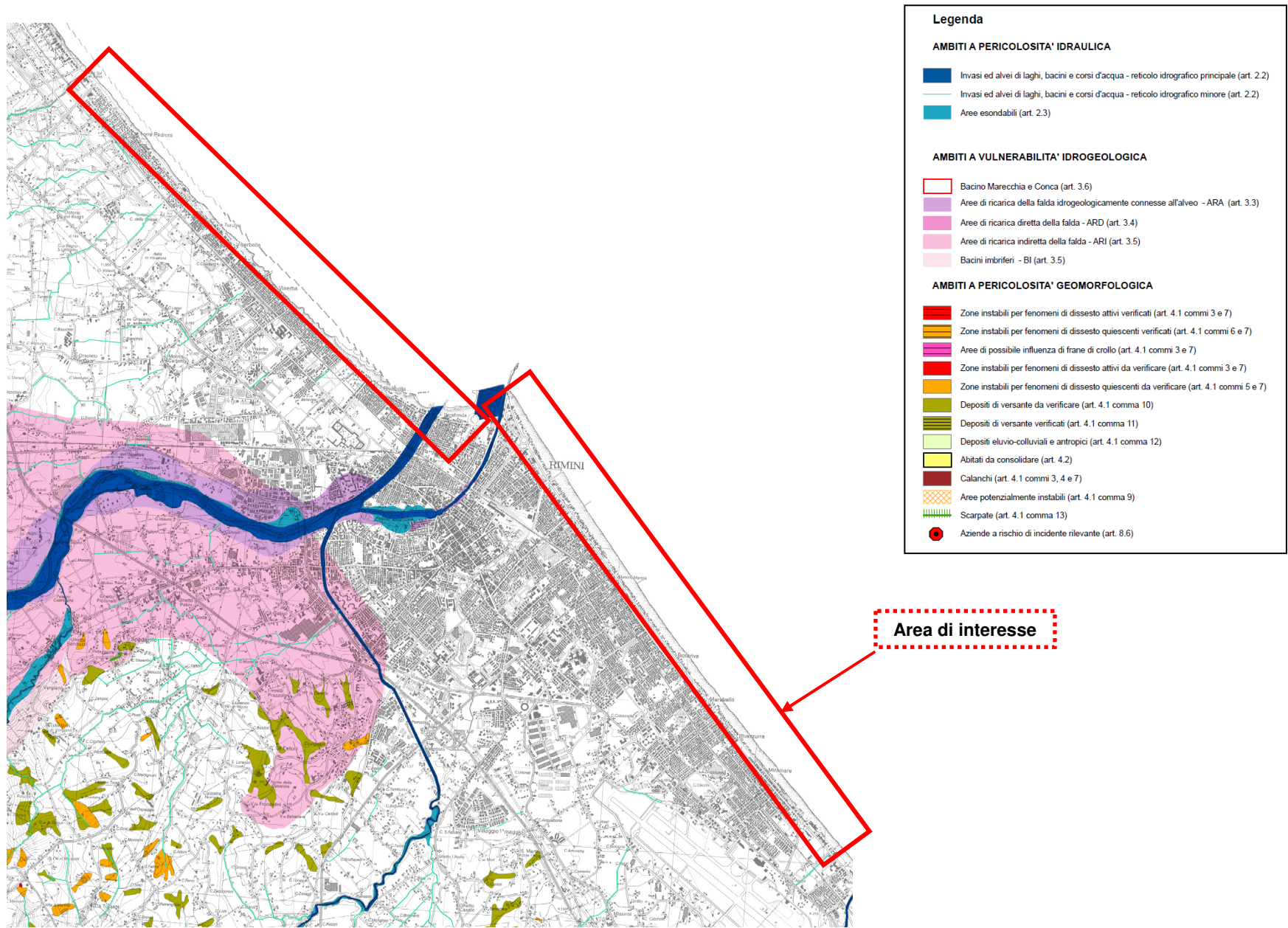


Figura 23 – Stralcio cartografico PTCP Provincia di Rimini – Tavola D1 – Rischi Ambientali.

## **4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA E SISMICA.**

Come già anticipato in premessa, la campagna geognostica e sismica eseguita ed alla quale si è fatto riferimento, oltre ovviamente al materiale presente in bibliografia e di archivio comunale, è la seguente:

- Esecuzione di n. 26 prove penetrometriche eseguite con penetrometro statico a punta elettrica (CPTe), con misura automatica e continua della resistenza alla punta  $R_p$ , dell'attrito laterale  $R_l$  e della deviazione della punta dalla verticale, con spinta non inferiore a 20 t, compresa l'elaborazione e la restituzione dei dati in forma grafica e numerica.
- Effettuazione di n. 26 misure di rumore a stazione singola (HVSR) mediante l'utilizzo di sismometri a tre componenti (tromografi), con una sensibilità tra 0.1 e 20 Hz - Tempo minimo di acquisizione: 20 min.
- Effettuazione di n. 1 misura di sismica attiva in foro di tipo SCPT.

In corrispondenza di ciascun sito di indagine, ad ogni prova penetrometrica è stata, quindi, accoppiata un'indagine sismica con elaborazione HVSR al fine di calibrare meglio i dati geosifisici e consentire le valutazioni che seguiranno e la migliore interpretazione dei dati acquisiti.

L'ubicazione di tali indagini di nuova realizzazione viene riportata in allegato n. 2 ed in Tavola UNICA. I report relativi alle prove di cui sopra sono riportati in allegato 4 (prove geognostiche) e allegato 5 (prove geofisiche)

## **5 STRATIGRAFIA LITOTECNICA SUPERFICIALE.**

La campagna geognostica in corso di esecuzione, unitamente alle prove di archivio, ed agli studi pregressi, ha permesso di individuare e raggruppare i terreni costituenti il primo sottosuolo, sino alle profondità direttamente sondate, in n. 7 litotipi ad omogeneo comportamento geotecnico-idrogeologico a loro volta accorpabili entro n. 3 distinte Unità Stratigrafiche principali sovrainposte denominate A, B e C partendo dalla superficie.

Come illustrato nelle sezioni al Par. 3.1 e allegato 4, i depositi costieri che costituiscono il tipico prisma sabbioso marino sono generalmente suddivisi secondo 2 unità caratteristiche: un'unità sabbiosa più superficiale, corrispondente all'unità geologica AES8a (Unità di Modena), di seguito denominata Unità A, costituita da sabbie medio-fini cernite sedimentatesi in ambienti ad elevata energia deposizionale (prevalenti ambienti litorali di spiaggia) e una seconda unità sottostante costituita da alternanze di sabbie cernite e sabbie limose con occasionali livelletti limo argillosi, denominata B; essa corrisponde alla parte sommitale di origine marina del Subsistema di Ravenna (AES8), formatesi in conseguenza di una rielaborazione incompleta dei sedimenti di apporto alluvionale da parte del moto ondoso, in situazioni tipiche di ambienti a bassa energia di retrospiaggia e/o lagunari. Le strutture sedimentarie rivelano una situazione di media-elevata energia deposizionale, in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungo costa. Infine al letto dei depositi sabbiosi marini, sede dell'acquifero superficiale, troviamo una terza unità litotecnica, denominata C, di origine alluvionale e anch'essa facente parte del Subsistema AES8, costituita da prevalenti depositi limo-argillosi, con occasionali intercalazioni ghiaioso-sabbiose secondo orizzonti disposti su più livelli (talvolta riconducibili a depositi localizzati di paleoalveo e/o barra di foce).

In particolare l'Unità A comprende i litotipi marini sabbiosi V ed S, l'Unità B è rappresentata dai litotipi marini sabbioso-limosi H e AL, mentre l'Unità C è contraddistinta dai depositi alluvionali a tessitura fine, con matrice prevalentemente limoso-argillosa, dei litotipi C, L e delle ghiaie G quando presenti.

Una ricostruzione grafica dell'andamento dei litotipi nel primo sottosuolo, trasversalmente alla linea di costa, è riportata nelle sezioni in allegato 3; in Tavola UNICA si riporta invece una sezione geolitologica longitudinale alla linea di spiaggia, la quale rappresenta con continuità l'assetto stratigrafico locale rilevato congiuntamente ai profili penetrometrici rappresentativi di resistenza alla punta  $q_c$  (Mpa) ottenuti dalle campagne geognostiche effettuate tramite prove CPTe/u. A tratti, alla base del Lit. B sono presenti orizzonti ghiaiosi spessi sino a qualche metro corrispondenti a strutture

localizzate di palealveo e/o grossolani e conchigliari di barra di foce, caratterizzati da significative caratteristiche geomeccaniche e/o di permeabilità. Oltre a strutture minori maggiormente localizzate, tali corpi grossolani metrici vengono rilevati in corrispondenza delle strutture di paleoalveo individuate nella carta di Figura 4 (Carta del tetto delle ghiaie della conoide alluvionale del Fiume Marecchia – Carta Geologica d'Italia – Allegato al Foglio 256 "Rimini") ed in prossimità della sponda destra del Portocanale all'altezza delle aree in studio.

### SUCCESSIONE LITOTECNICA

Unità	LIT.	Descrizione
A	V	<b>Livello superficiale.</b> Sabbie limose sciolte, pedogenizzate e/o materiali di riporto antropico di colore per regolarizzazione morfologica di varia natura litologica con caratt. meccaniche variabili, generalmente scadenti Terreno sabbioso di colore nocciola con riporto antropico per regolarizzazione morfologica. A tratti orizzonti decimetrici argillosi. Possiede caratteristiche geomeccaniche variabili ma comunque generalmente scarse; soggette talora alle diversità climatiche e alla interazione con processi superficiali (moto ondoso o rimaneggiamento fluviale). Si assumono parametri cautelativi
	S	<b>Sabbie Mediamente addensate – dense.</b> Sabbie medie e medio-fini, generalmente ben classate. Localmente si possono talora notare sottili intercalazioni limo - argillose. Le strutture sedimentarie rivelano una situazione di media-elevata energia deposizionale in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungo costa. Mediamente addensate e dotate di limitata compressibilità.
B	H	<b>Sabbie mediamente Addensate.</b> Di origine litorale, medie e medio - fini, grigio-giallastre, da poco a med. addensate e dotate di media compressibilità. Presenza occasionale di orizzonti decimetrici di alternanze con intercalazioni di sabbie limose fini e limi maggiormente compressibili, tipici di ambienti lagunari e/o di retrospiaggia. Talora presenti sottilissimi livelli limosi con frustoli vegetali e materiale organico.
	AL	<b>Alternanze.</b> Alternanze di sabbia da medio-fine con sabbie limose o limo sabbiose di colore nocciola. Depositi litorali intercalati a tratti ad orizzonti prettamente alluvionali e/o di laguna, con intercalazioni da centimetriche a decimetriche franco limose e talora organiche. Caratteristiche geomeccaniche da scarse a sufficienti e modesta compressibilità. Presenza in alternanza di livelli limo-argillosi e limi sabbiosi a caratteristiche geomeccaniche generalmente inferiori al litotipo H. Talora gli orizzonti di sabbie cernite presentano maggiore addensamento e resistenza alla punta soprattutto presso l'arenile meridionale di RNS. Litotipo a comportamento complessivo incoerente.
C	C	<b>Limi argillosi e sabbiosi da poco a mediamente consistenti.</b> di natura alluvionale e/o palustre costiera, con caratteristiche geotecniche scarse / sufficienti, normalmente consolidati e media compressibilità; presenza di livelli sabbiosi sciolti. Depositi attribuibili ad ambiente di piana costiera e/o alluvionale inondabile. Presente occasionalmente e con maggior frequenza presso Rimini Nord (RNN).
	L	<b>Limi con argilla e argille con limo mediamente compatte.</b> Di origine alluvionale, mediamente consistenti, con caratteristiche geotecniche sufficienti-discrete, normalmente consolidati e a contenuta compressibilità. Depositi attribuibili a sedimentazione in piana inondabile ( <b>Facies L1</b> ). Presenza di livelli decimetrici discontinui a maggiore contenuto sabbioso, di limi argillosi più compressibili e di limi con argilla a maggiore compattezza. Talora in profondità viene rilevato una seconda facies maggiormente compatta ( <b>L2</b> ).
	G	<b>Ghiaie e sabbie.</b> Orizzonti da metrici a decametrici di depositi alluvionali e litorali di barra di foce/delta conoide del Fiume Marecchia costituiti da ghiaie, ghiaie sabbiose a granulometria da media a grossa arrotondate. Matrice limo-argillosa variabile in funzione della tipologia di facies deposizionale: abbondante in facies fluviali, scarsa o assente con ciottoli arrotondati e tritume conchigliare nella facies litorale. Talora presenza di lenti limo-argillose discontinue ed a varie altezze del litotipo. Caratteristiche di compattezza ed addensamento generalmente elevate, scarsa compressibilità. Presente a profondità medie-elevate ( $\geq 14-25$ mt). Talora presente in orizzonti metrici al tetto del Lit. C soprattutto presso l'arenile di Rimini Centro (RNC) e Nord (RNN)

## 6 COMPATIBILITA' GEOLOGICA DEGLI INTERVENTI

### 6.1 Generalità.

Il Piano, per le sue linee generali, considera il sostanziale rifacimento con rimodulazione delle strutture sull'arenile nonché la trasformazione di spazi in corrispondenza dei lungomari e delle relative aree accessorie e/o di connessione quali piazze/slarghi frontespiazza e, più specificamente, di alcune zone di trasformazione urbanistica quale ad es. l'area ricompresa tra Via Destra del Porto - Viale Colombo - P.zza Fellini ed il Lungomare Tintori, denominata "Triangolone", oppure la trasformazione edilizia dell'"Ex Colonia ENEL" in località Rivazzurra.

Per quanto attiene strettamente alle aree di arenile, le previsioni prevedono la rimodulazione di manufatti sia fissi che amovibili in corrispondenza della suddivisione in fasce dello spazio di arenile in concessione agli stabilimenti balneari, con l'eventuale realizzazione di reti tecnologiche, percorsi, aree verdi e polifunzionali integrate nelle varie zone funzionali in cui è stata suddivisa l'area di spiaggia a valle dei lungomari, con particolare riferimento alle fasce:

A – fascia, ineditata ospitante zone verdi e servizi di sosta cicli in continuità con il parco del mare;

B – fascia destinata ai servizi, suddivisibile in due zone: quella *edificata*, destinata a: bar, servizi accessori alla vita balneare e quella *non edificate, loisir*, destinata a: sport, gioco e tempo libero;

In tal caso le opere prese in considerazione sono essenzialmente riferibili ad una rimodulazione di manufatti e volumetrie preesistenti nell'ambito degli stabilimenti balneari, manufatti per pubblici esercizi sulla spiaggia, oggetto di rifacimento secondo stralci realizzativi e/o diverse tipologie di accorpamento, contestualmente alla riqualificazione delle strutture balneari.

Anche per gran parte delle piazze e spazi pubblici frontemare, eccetto quelli per cui le opere ed infrastrutture (viarie, idrauliche, reti tecnologiche e/o di fognatura, ecc.) sono già state eseguite (es. P.le Kennedy o Lungomare Rimini Nord) o risultano in corso le relative progettazioni o l'affidamento dei lavori (anche con realizzazione di spazi tecnici e/o strutture interrato), non si prevedono trasformazioni urbanistiche con realizzazione di edifici o strutture rilevanti, bensì una riorganizzazione funzionale e della destinazione d'uso degli spazi in superficie per una fruizione pubblica e per un raccordo con le strutture lineari per la mobilità ciclopedonale dei lungomari (contestualmente agli stralci esecutivi di attuazione del progetto del Parco del Mare).

Fanno appunto eccezione solo le aree sopra denominata "Triangolone" e "Ex Colonia ENEL", in cui oltre ad una rimodulazione funzionale degli spazi superficiali, sarà consentita anche la realizzazione di opere edilizie ed infrastrutture sia fuori terra che, all'occorrenza, interrate.

Per quanto riguarda i rischi costieri di alluvionamento si rimanda sostanzialmente agli esiti dello specifico studio/relazione idraulica per le problematiche di alluvionamento costiero, in quanto argomento non trattato all'interno della presente indagine.

I terreni sabbiosi e le alternanze limoso-sabbiose e limo-argillose presenti nell'area (piana costiera) in condizioni statiche si presentano generalmente come discreti terreni di fondazione. Tuttavia la significativa saturazione di tali depositi, il grado di permeabilità ed il loro comportamento in condizioni dinamiche determina la necessità di effettuare le opportune verifiche ai fini del potenziale di liquefazione e dei relativi cedimenti/deformazioni in condizione sismica. Tale tematica verrà specificamente trattata nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica, ad oggi in itinere, che permetterà di fornire le opportune valutazioni in merito alla problematica sopraindicata, le eventuali misure di approfondimento di studio e le opere di mitigazione.

Pertanto alla luce dei dati disponibili e delle indagini sin qui condotte nonché delle previsioni edificatorie di piano è possibile fare specifiche considerazioni in merito alla compatibilità geologica e idrogeologica delle opere in progetto.

Pertanto è possibile precisare quanto segue:

- Per opere amovibili e manufatti non rilevanti, di piccole dimensioni e/o provvisori, dotati di fondazioni dirette superficiali, le previsioni di Piano dovranno tener conto di modalità realizzative e materiali, per quanto possibile, in grado di limitare l'impermeabilizzazione del suolo e ridurre i fenomeni di corrivazione/erosione superficiale.
- Qualora si dovessero realizzare volumi interrati, la presenza di falda nei pressi della superficie necessiterà l'utilizzo di drenaggi e pompe per provvedere all'aggettamento nello scavo. In tal

caso andranno fatte debite valutazioni circa le distanze da altri manufatti e la permeabilità dei terreni locali in relazione al cono di emungimento, onde limitare gli effetti dello scavo nell'intorno (spesso causa di consolidamento o cedimento dei terreni laterali). In particolare una struttura continua quale diaframma in cemento armato senza soluzione di continuità, oltre a fornire una adeguata protezione in corso d'opera, potrà fungere da muro perimetrale per le opere interrato. La paratia consentirà di evitare l'utilizzo di drenaggi o pozzi con pompe all'esterno del perimetro al fine di abbassare il livello piezometrico e, quindi, di evitare e/o limitare problemi di assestamento del terreno nell'intorno. In tal caso l'aggottamento della falda potrà essere realizzato esclusivamente all'interno del perimetro del diaframma. In presenza di altri manufatti limitrofi all'eventuale paratia sarà opportuno considerare gli effetti di un eventuale spostamento dell'opera a seguito della spinta del terreno a tergo.

- Qualora in sede di progettazione venga ritenuta possibile l'esecuzione di scavi non protetti da opere di contenimento, sarà comunque necessario controllare che l'abbassamento venga limitato a quote prossime al fondoscavo in modo tale che il "cono di depressione" originato dal pompaggio non interferisca in maniera significativa con le fondazioni ed assetto di eventuali manufatti vicini, valutando l'opportunità di utilizzare opere di sostegno provvisorie nei punti più critici. Piezometri installati al di fuori del perimetro di scavo e nei pressi dei manufatti sensibili potranno fornire un idoneo strumento di controllo. In quest'ultimo caso la stabilità dei fronti di scavo in parete, con inclinazione max di 40°-50° e per altezze non superiori a 3 mt, rimane affidata alle possibilità di autosostentamento del terreno sul breve termine e sarà influenzata sia dalla tipologia dei terreni presenti quanto dall'assetto di falda; la potenzialità di autosostentamento andrà verificata preliminarmente e monitorata di volta in volta, anche durante l'esecuzione dei lavori.
- Considerato il livello freatico, generalmente prossimo alla superficie, si consiglia di predisporre un idoneo sistema di impermeabilizzazione per eventuali interrati/seminterrati, dimensionando adeguatamente le opere di fondazione anche in funzione delle sottospinte idrostatiche.
- **In relazione alla possibilità di costruire opere interrato nei termini previsti dalla normativa urbanistica, al fine di limitare situazioni di potenziale innalzamento della falda freatica, andranno limitate le soluzioni realizzative che prevedano strutture interrato continue, nel loro sviluppo lungo costa, con impermeabilizzazione/sbarramento parziale o totale dell'acquifero superficiale (orizzonte sabbioso marino Unità A e B). Per opere di tale tipologia che comportino sbarramenti continui con fronti superiori a 75 mt e profondità superiore a 2.5 mt dal p.c. originario, in fase di progettazione sarà necessario predisporre specifici studi idrogeologici/idrodinamici di dettaglio che approfondiscano le conoscenze idrogeologiche dell'area e possano garantire l'efficacia delle soluzioni tecniche di sbarramento, al fine di evitare eccessivi innalzamenti freatici e garantire la sicurezza idrogeologica delle aree vicine. Risulterà opportuno un monitoraggio della situazione post operam al fine di verificare le risultanze dello studio effettuato. Tali prescrizioni si ritengono vincolanti qualora a monte e/o nell'intorno di influenza delle opere di sbarramento sorgano manufatti edilizi o infrastrutture sensibili a possibili innalzamenti freatici o a variazioni dell'equilibrio idrostatico.**
- Nelle aree limitrofe ai corsi d'acqua del reticolo idrografico principale e minore, andranno condotti appositi approfondimenti di studio circa l'assetto idrogeologico e le possibili anomalie litostratigrafiche locali, ovvero soluzioni realizzative atte a ed evitare/limitare possibili allagamenti in caso di alluvionamento.
- Nel caso in cui si prevedano opere particolari con sbancamenti in profondità o incastro di fondazioni profonde su orizzonti ghiaiosi appartenenti all'acquifero A1 (per cui possono ipotizzarsi importanti fenomeni di artesianità talora con prevalenza sino ad alcuni metri sopra il piano campagna), ivi si consiglia di effettuare indagini preliminari mirate a valutare i carichi piezometrici prevedibili e ad installare dispositivi di monitoraggio piezometrico con idonea fenestrazione all'interno dell'acquifero. Ciò consentirà di verificare con maggior precisione la reale potenzialità di salienza della falda artesianica ed un eventuale monitoraggio in corso d'opera, consentendo l'adozione di idonee tecniche di intervento.
- Per lo smaltimento delle acque di pioggia all'interno dell'area dovrà essere prevista la realizzazione di un'idonea rete fognaria in grado di integrarsi con quella urbana già esistente ed in conformità alle norme di settore vigenti e, all'occorrenza, provvedere alla laminazione delle prime piogge.

- In ogni caso dovranno essere perseguite ed incentivate forme d'uso e tecniche realizzative che minimizzino l'impermeabilizzazione dei terreni al fine di limitare i fenomeni di corrivazione superficiale.

Le indicazioni sulle tipologie fondazionali, sui piani di posa delle stesse e/o su specifiche problematiche realizzative, vengono pertanto fornite nello studio di Microzonazione Sismica.

In fase di progettazione definitiva/esecutiva per le opere e manufatti edilizi dovrà essere eseguita apposita e specifica Relazione Geologica che ottemperi al paragrafo 6.2.1. ("*Caratterizzazione e modellazione geologica del sito*") delle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018 (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8). Per gli interventi edilizi rilevanti da attuarsi sulle aree complementari all'arenile sarà comunque necessario produrre specifici studi ed analisi secondo quanto previsto dalle NTC 2018 e relativa Circolare esplicativa n. 7/2019, con particolare riferimento ai capitoli 3.2, 6 e 7.11.

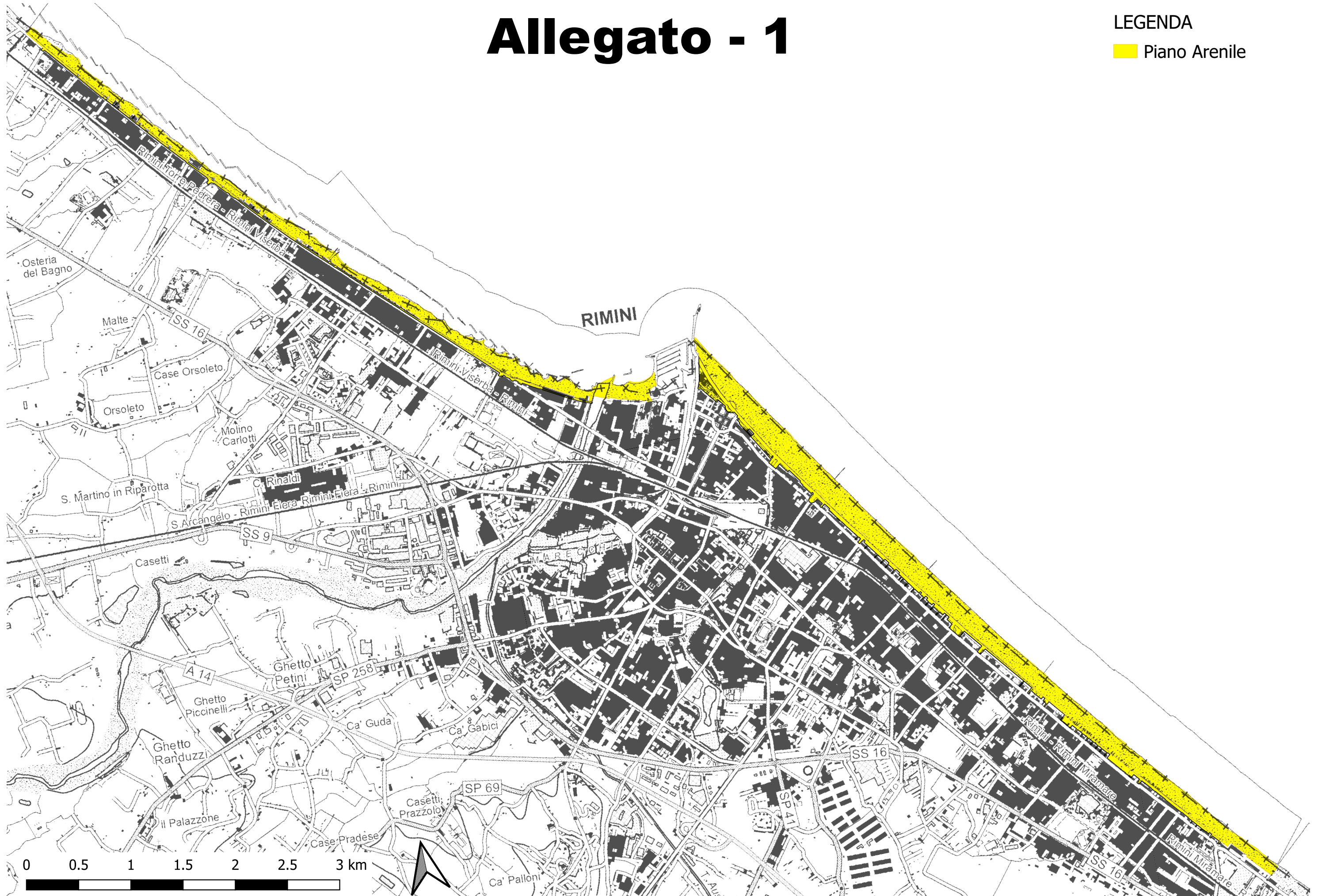
**Rimini, Novembre 2023**



**ALLEGATI**

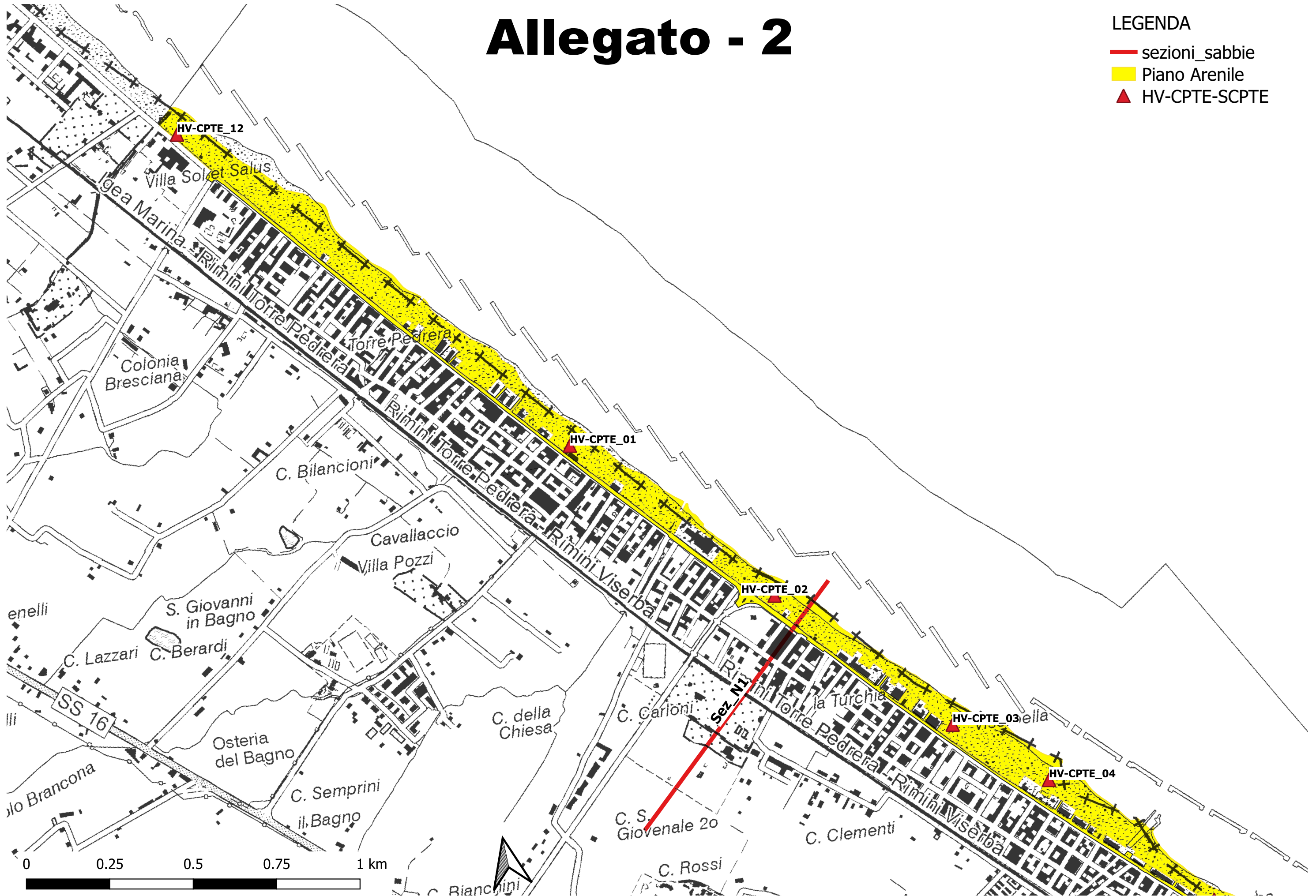
# Allegato - 1

LEGENDA  
■ Piano Arenile



# Allegato - 2

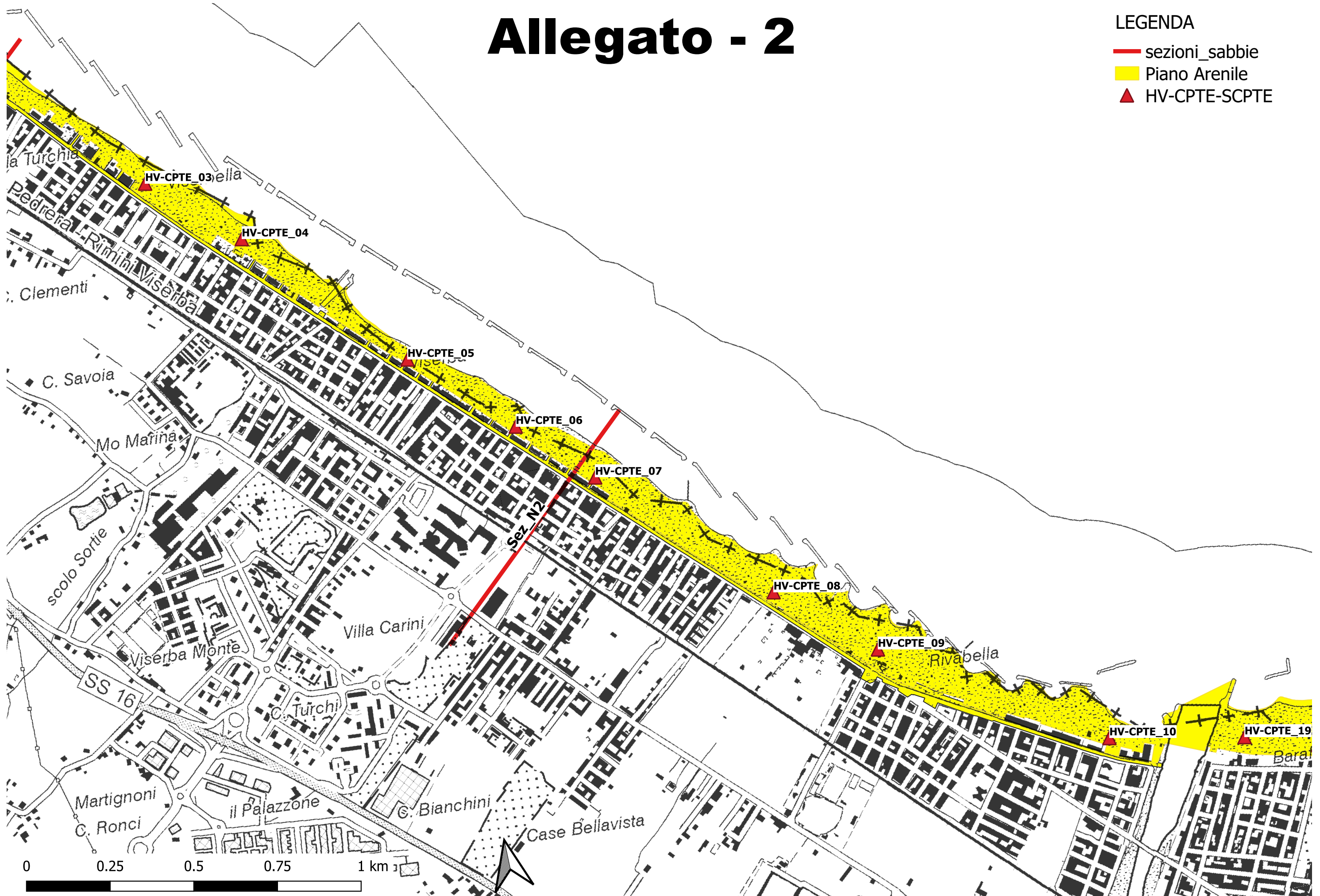
- LEGENDA
- sezioni\_sabbie
  - Piano Arenile
  - HV-CPTE-SCPTE



# Allegato - 2

## LEGENDA

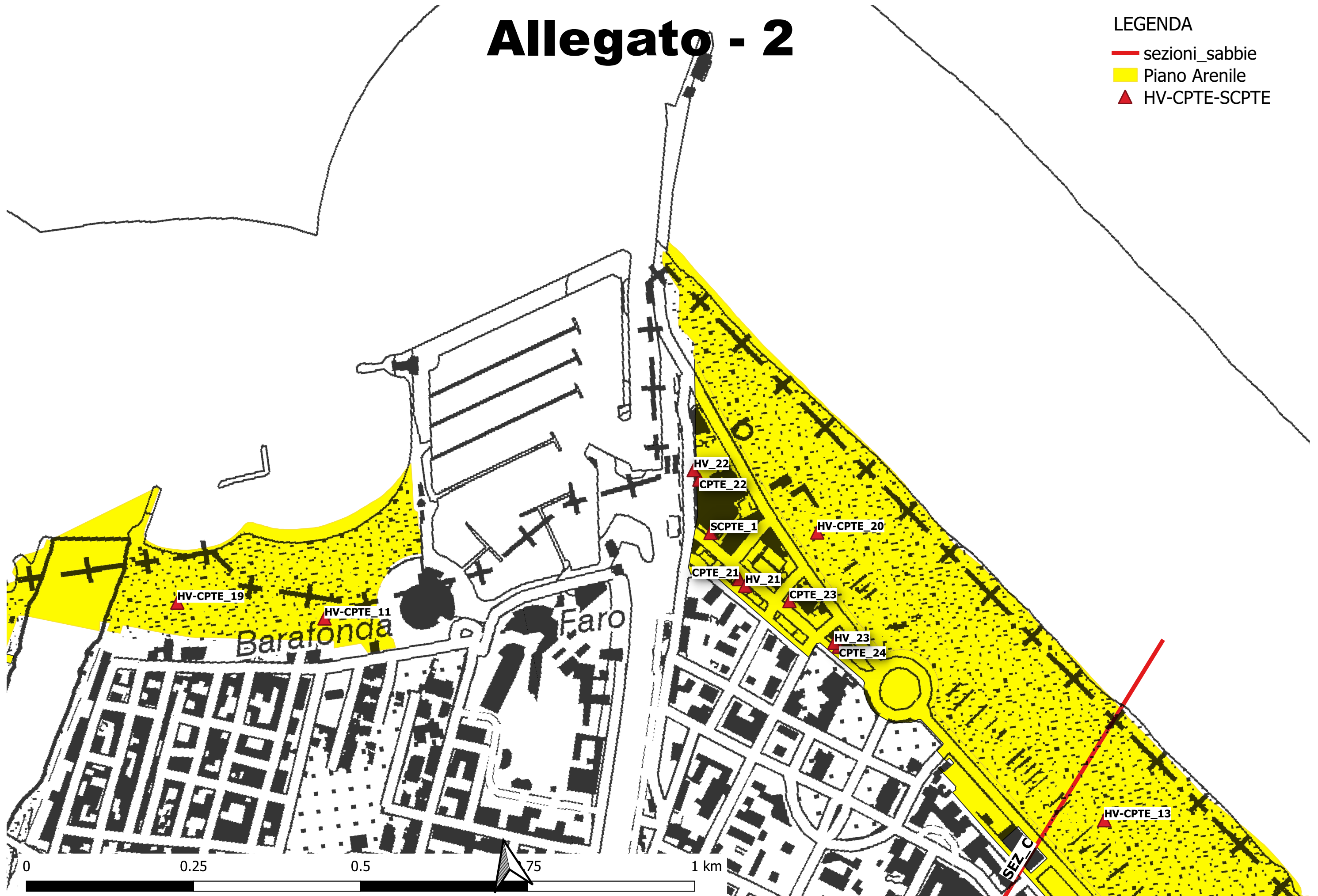
- sezioni\_sabbie
- Piano Arenile
- HV-CPTE-SCPTE



# Allegato - 2

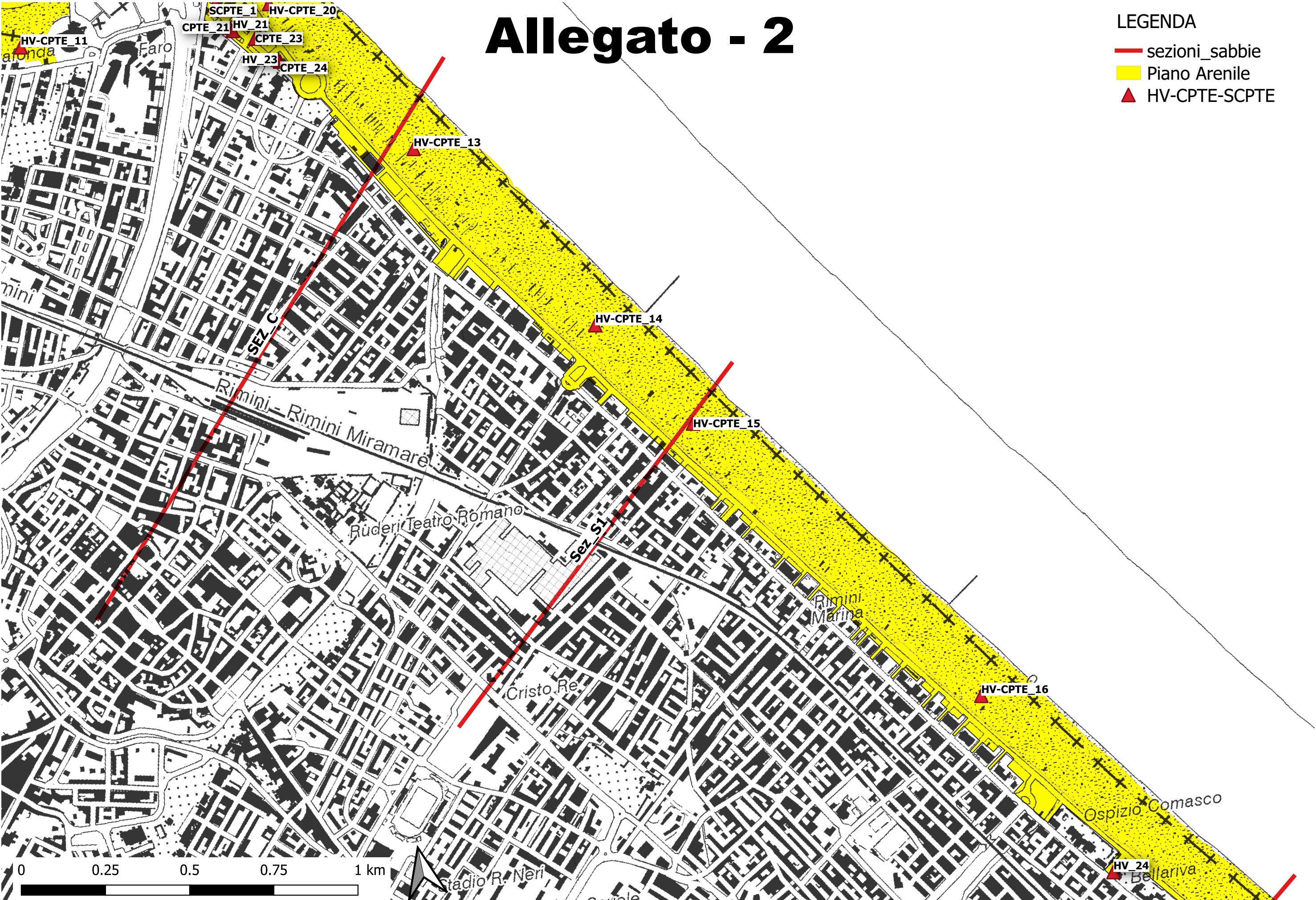
## LEGENDA

- sezioni\_sabbie
- Piano Arenile
- HV-CPTE-SCPTE



# Allegato - 2

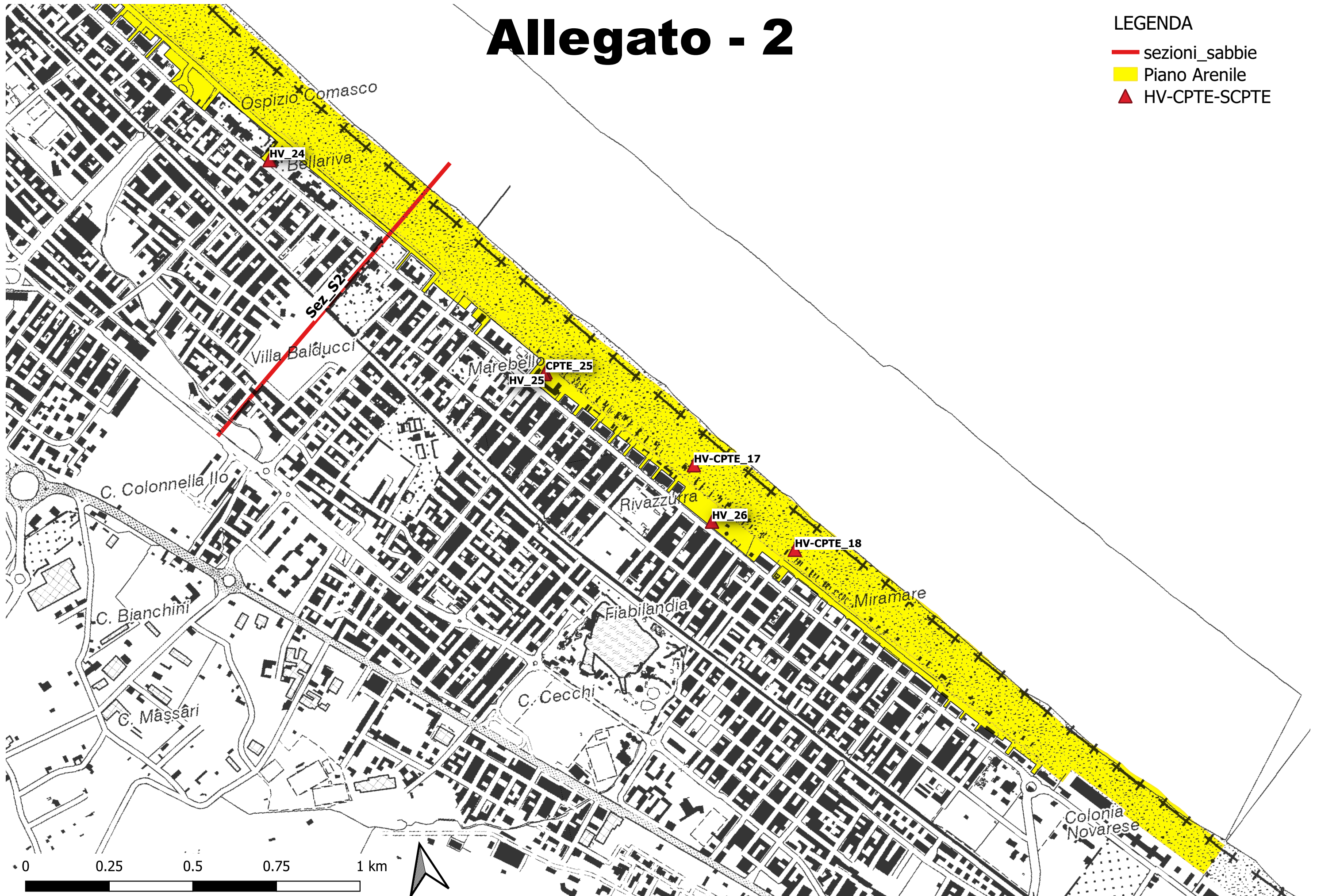
- LEGENDA
- sezioni\_sabbie
  - Piano Arenile
  - HV-CPTE-SCPTE



# Allegato - 2

## LEGENDA

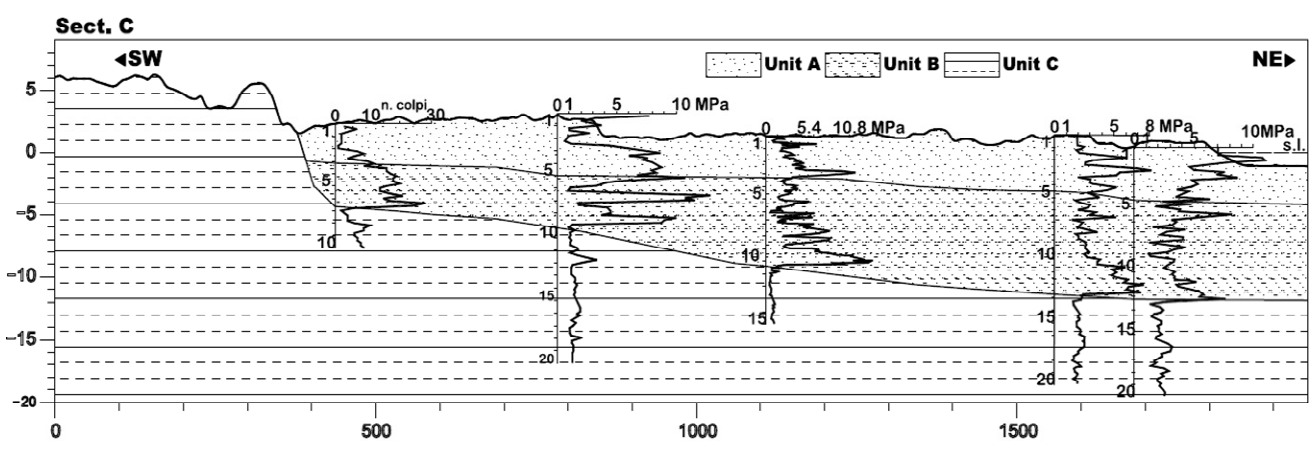
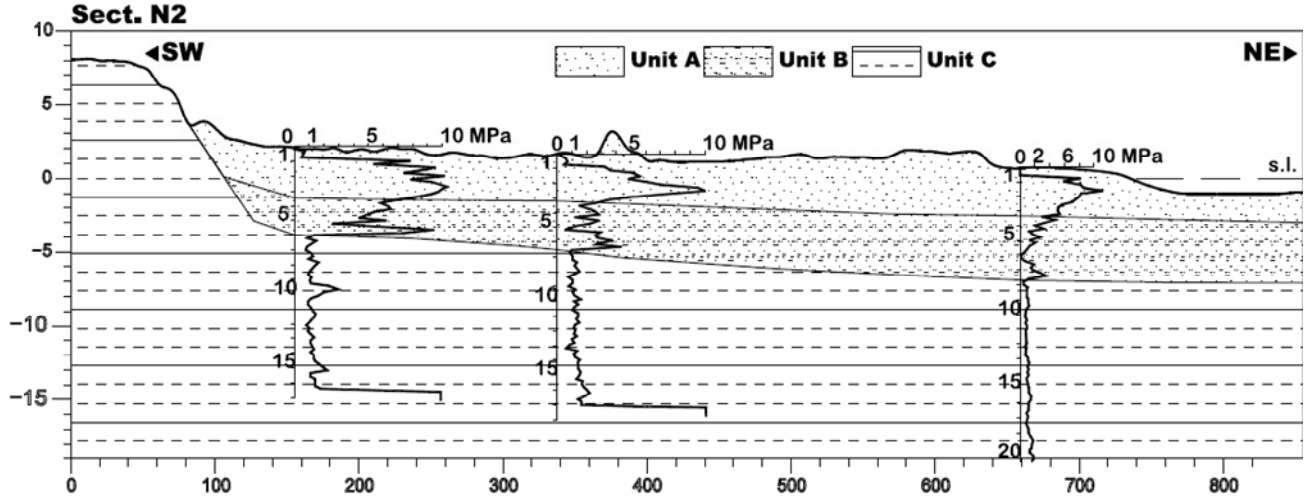
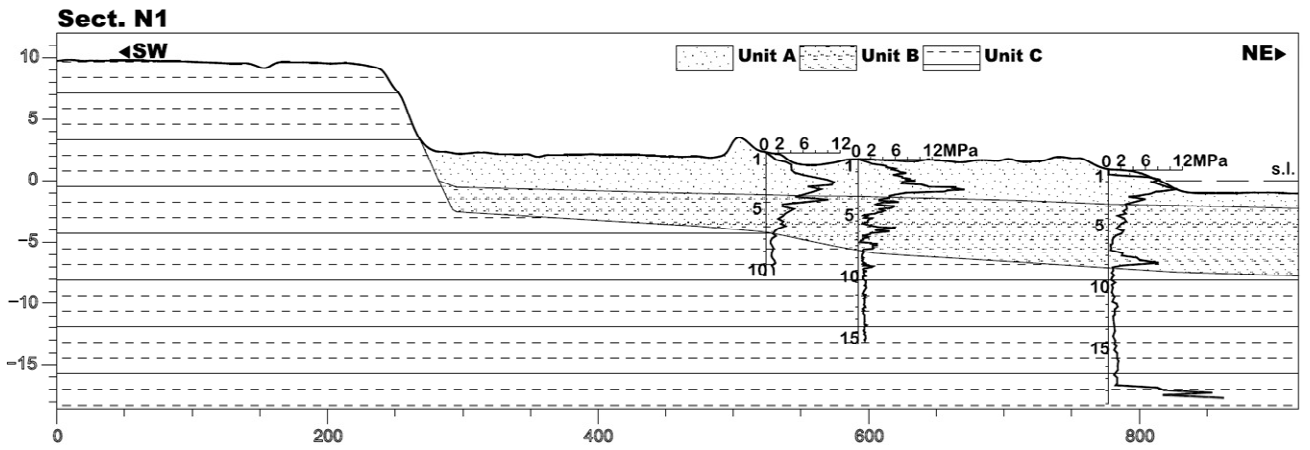
- sezioni\_sabbie
- Piano Arenile
- HV-CPTE-SCPTE

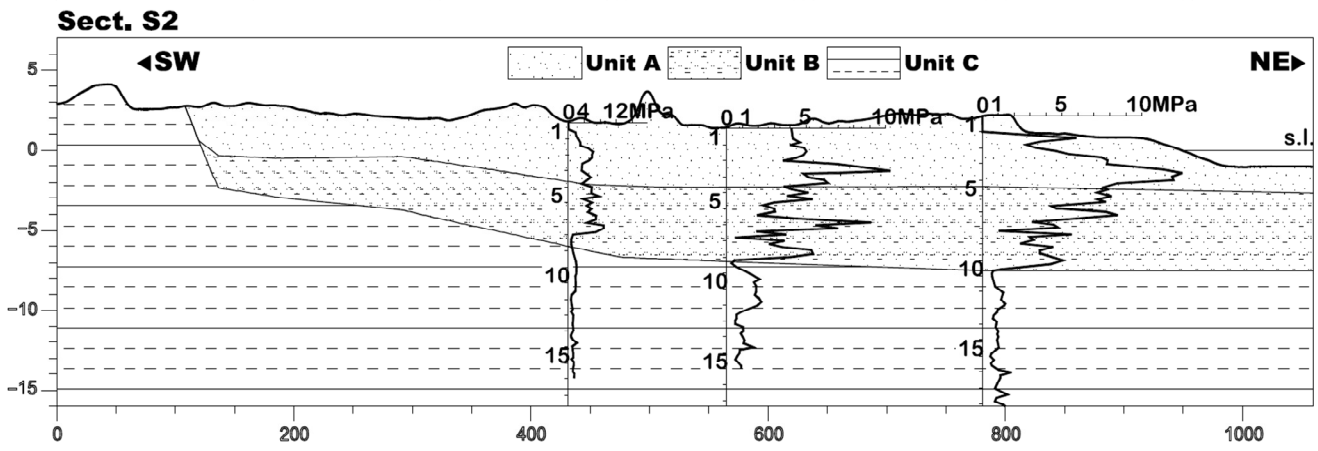
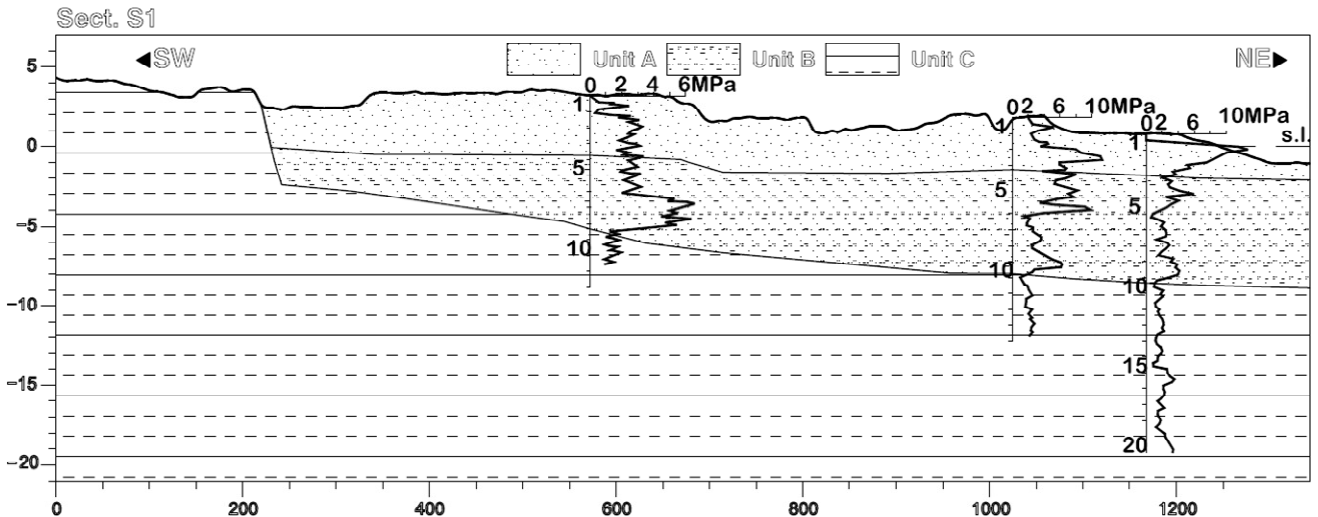


# **ALLEGATO N. 3**

**SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE COSTIERE**







# **ALLEGATO N. 4**

**REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE DI NUOVA  
REALIZZAZIONE**

Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 13/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 1

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 1

Location:

Date: 13/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 160

Ground level [cm]: 0

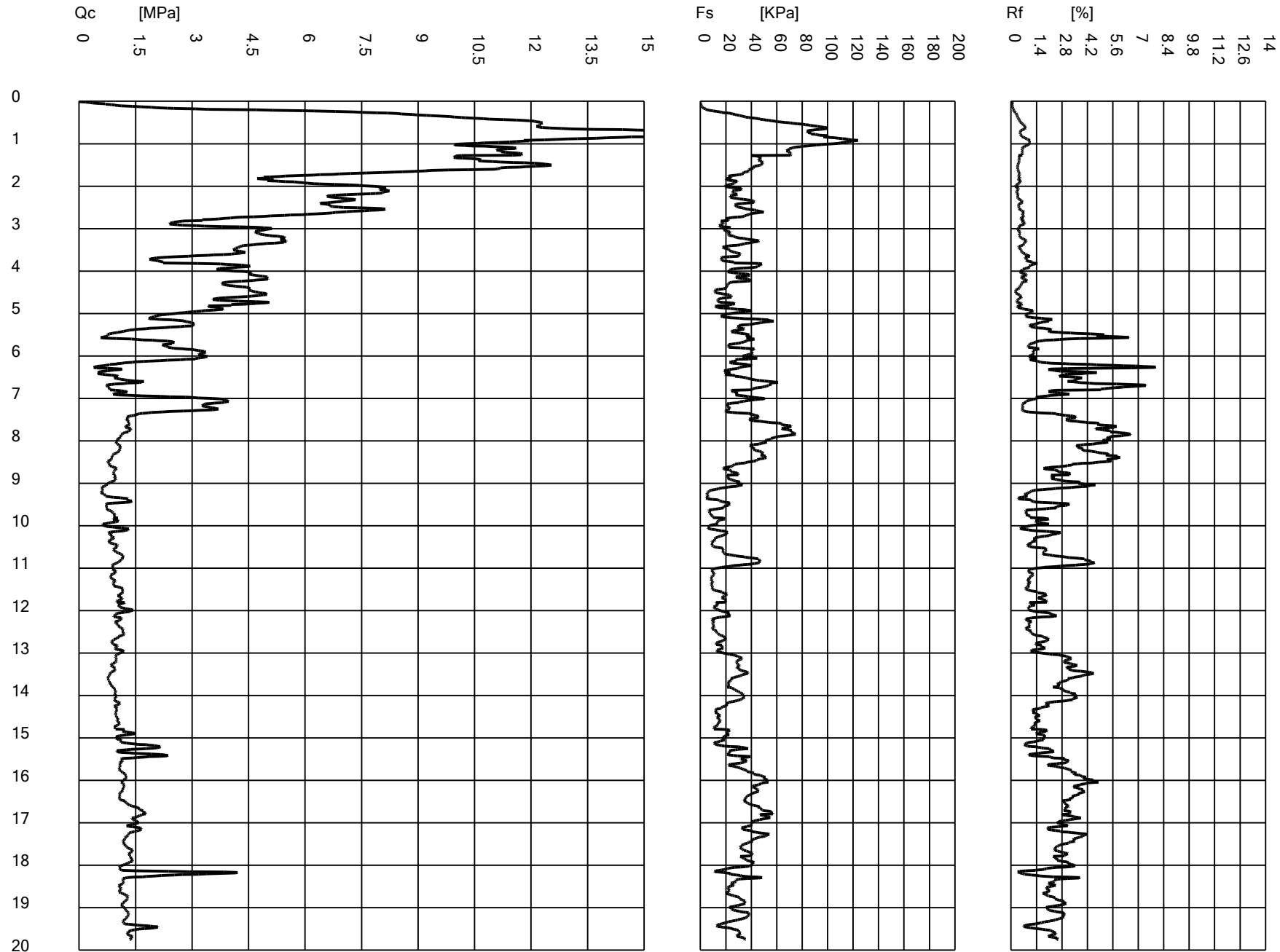
Latitude: 44.104069

Longitude: 12.516961

Operator:

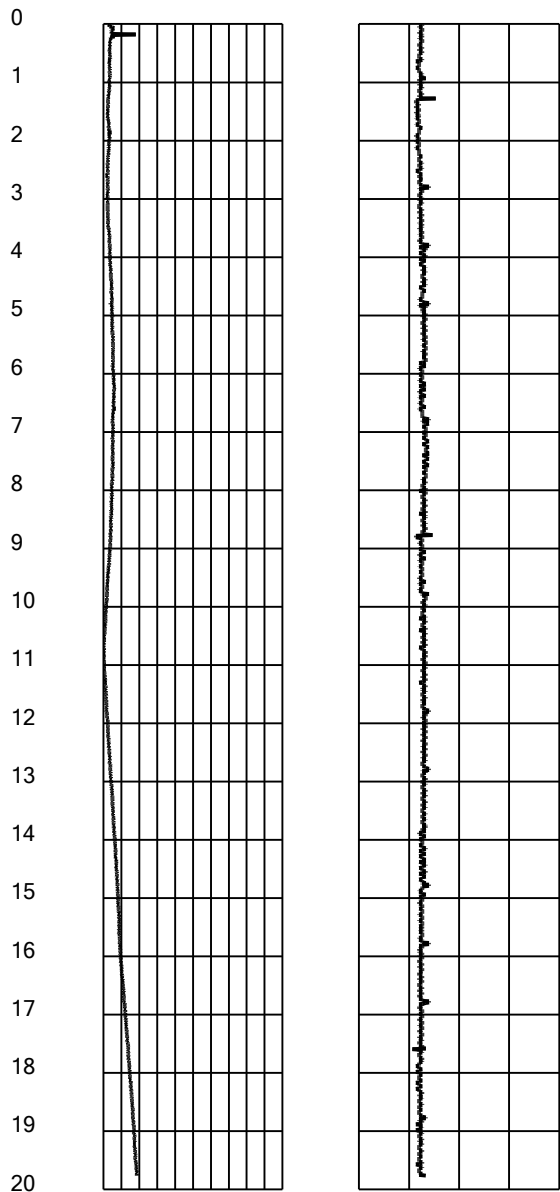
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 13/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 2

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 2

Location:

Date: 13/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 130

Ground level [cm]: 0

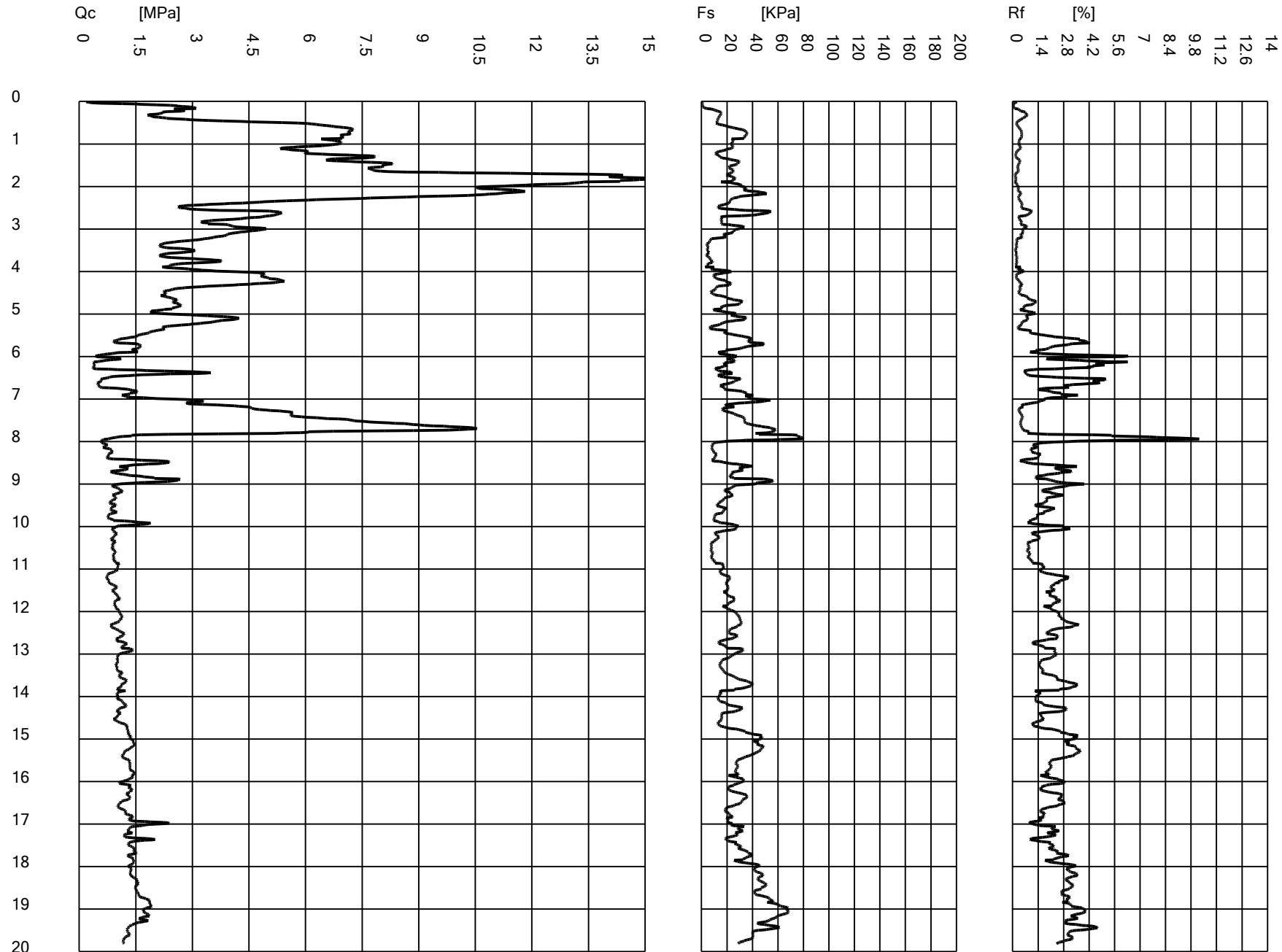
Latitude: 44.099700

Longitude: 12.522442

Operator:

Comments:

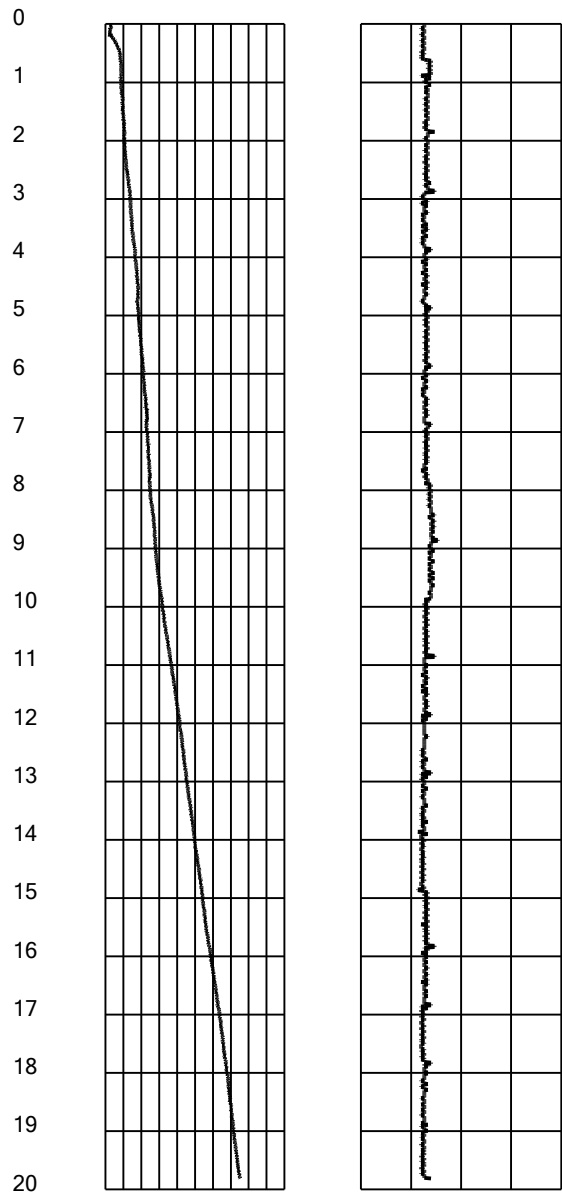
Probe code: 001005







Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 0.4 0.8 1.2 1.6 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 4.0 4.4 4.8 5.2 5.6 6.0



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 13/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 3

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 3

Location:

Date: 13/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 100

Ground level [cm]: 0

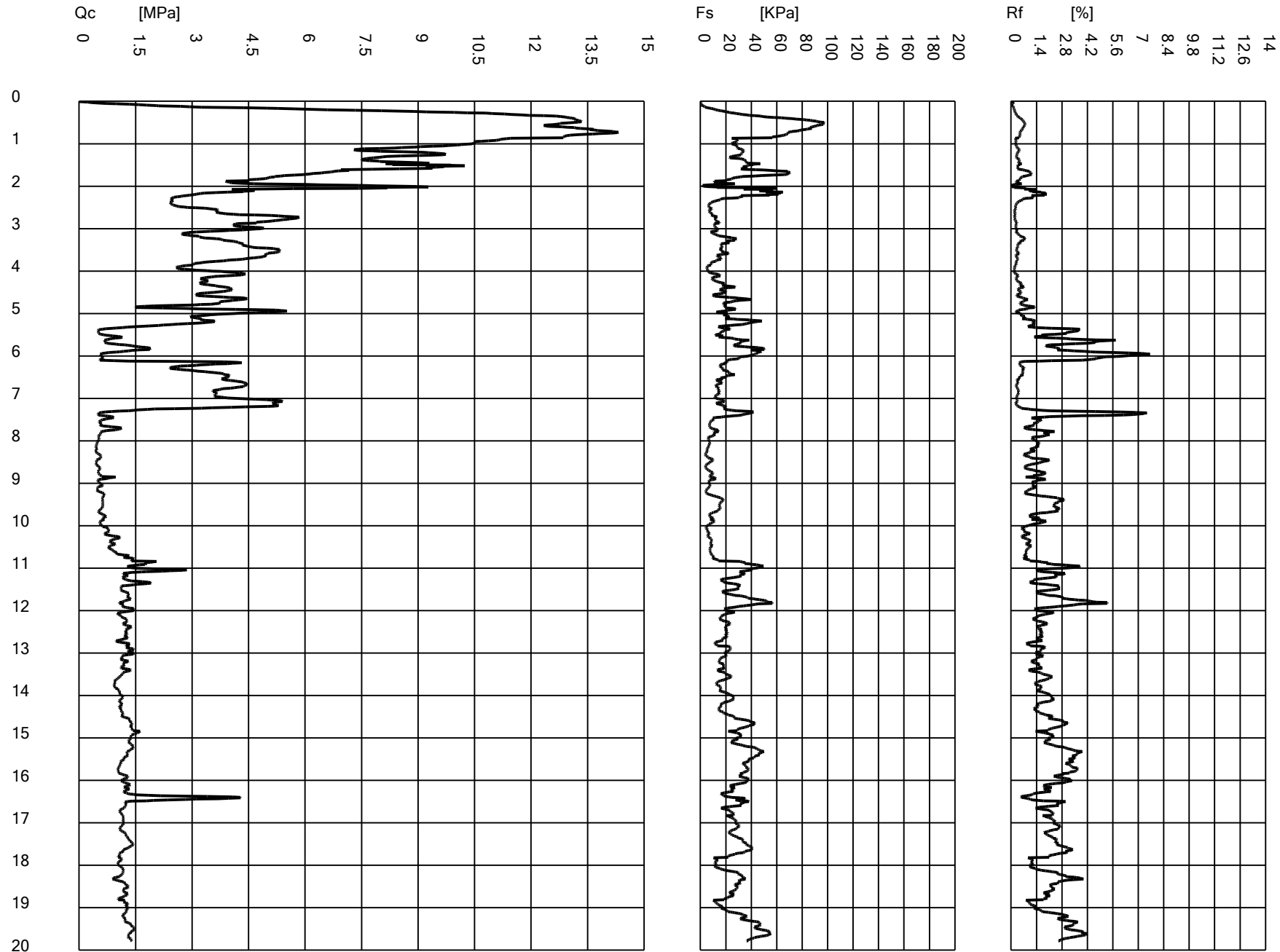
Latitude: 44.095372

Longitude: 12.528173

Operator:

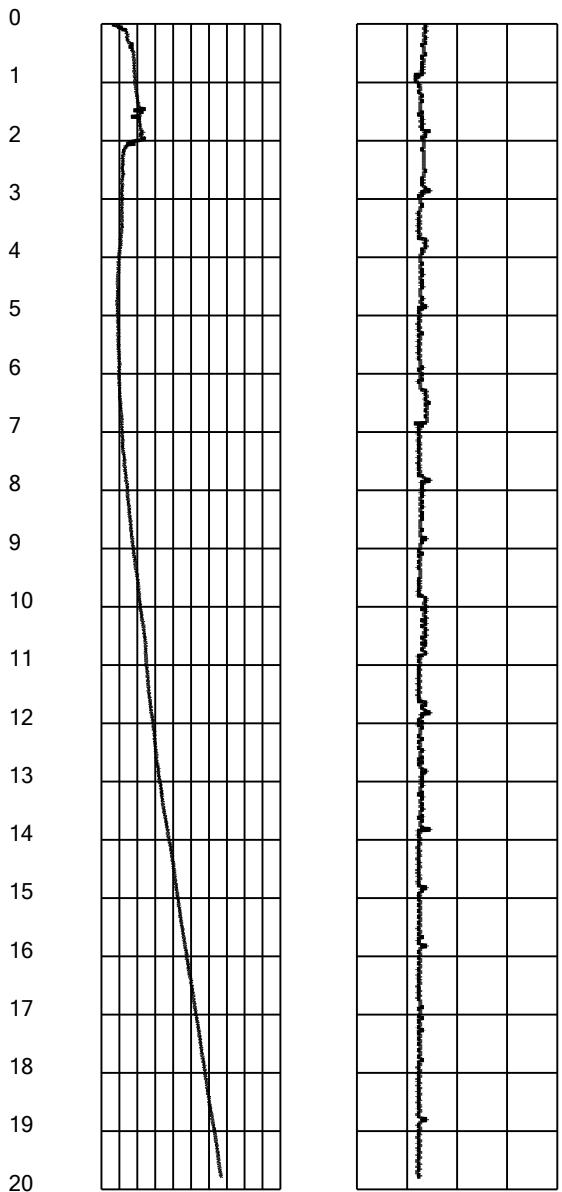
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 13/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 4

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 4

Location:

Date: 13/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 110

Ground level [cm]: 0

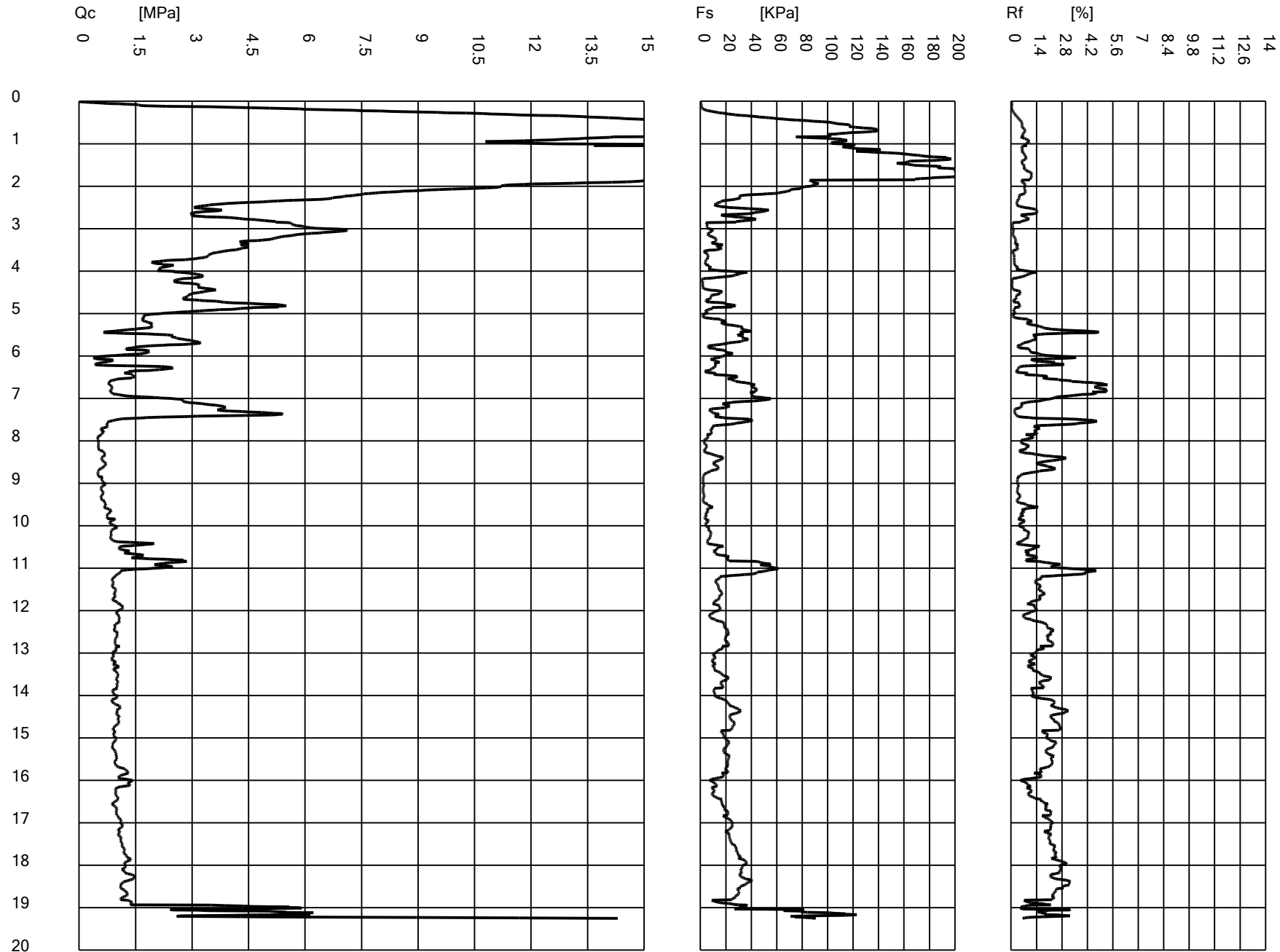
Latitude: 44.093109

Longitude: 12.532141

Operator:

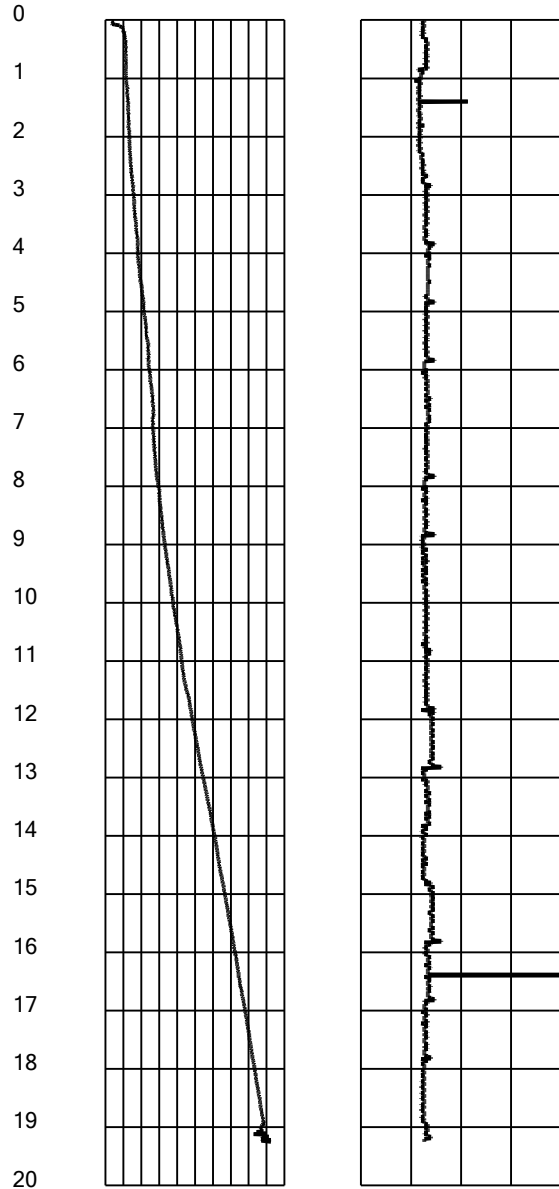
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 13/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 5

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 5

Location:

Date: 13/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 90

Ground level [cm]: 0

Latitude: 44.089310

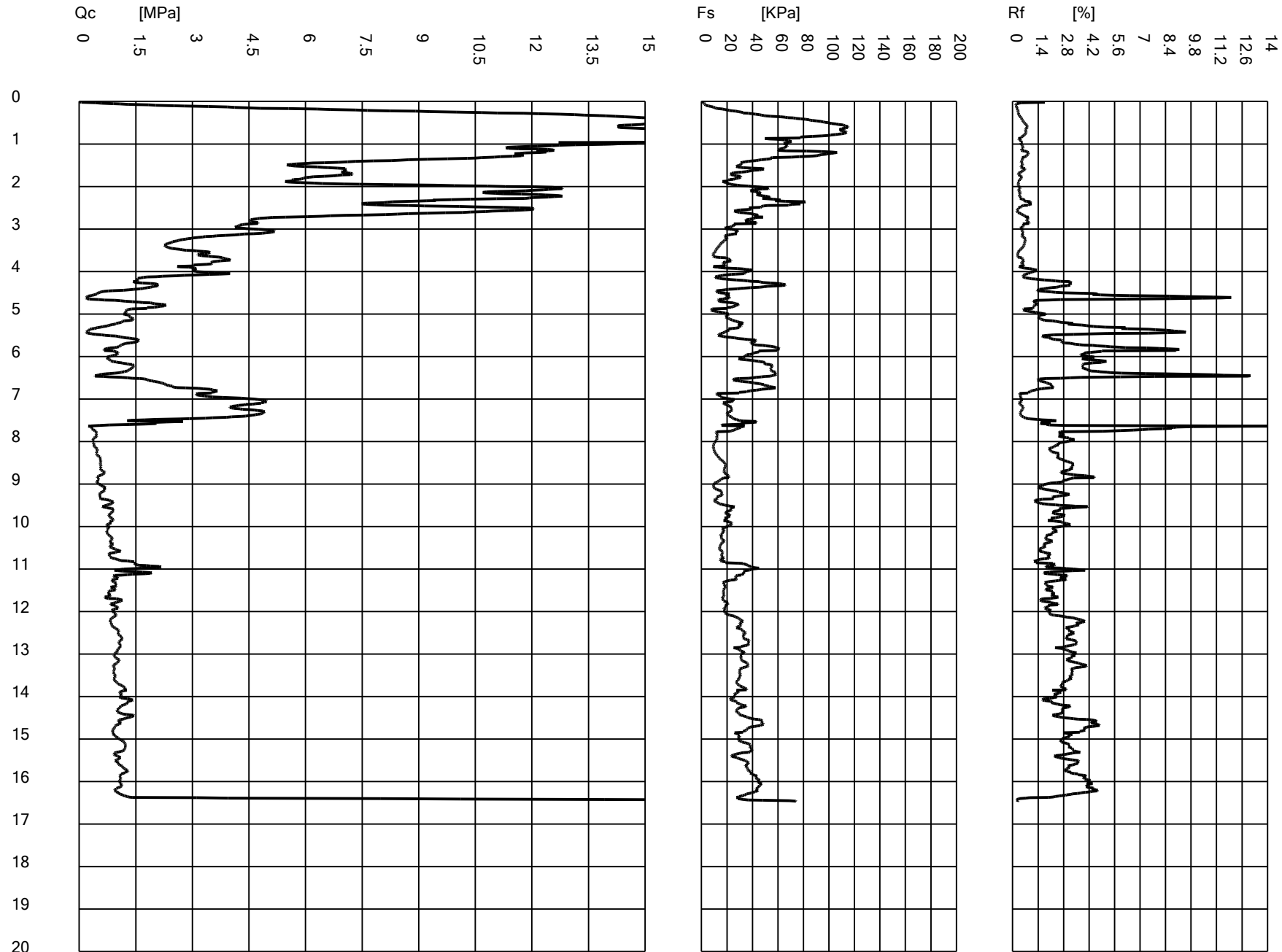
Longitude: 12.537304

Operator:

Comments:

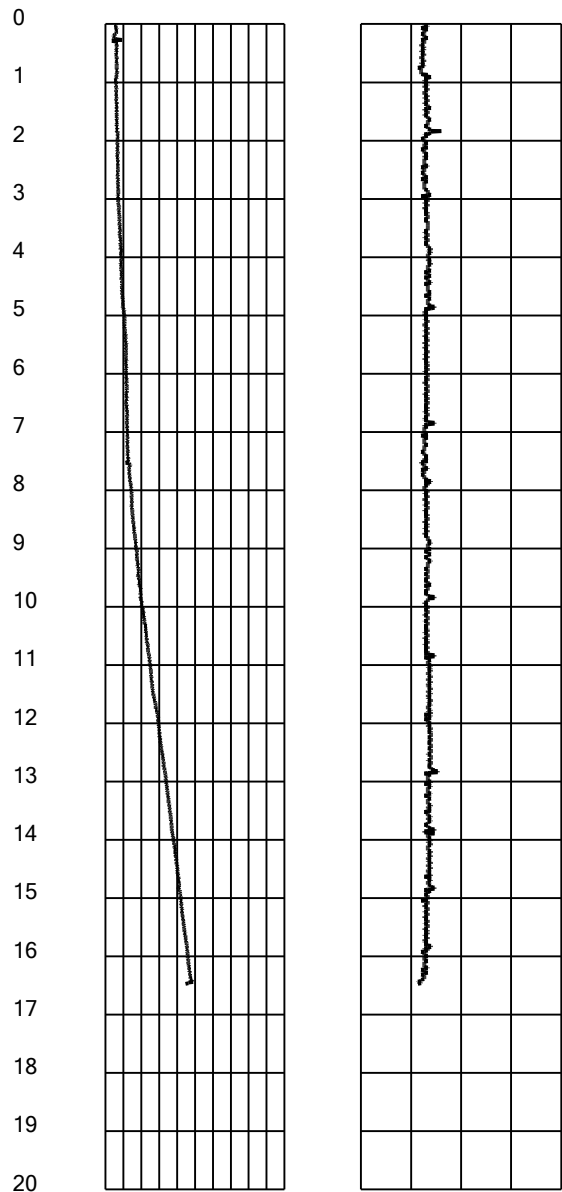
Probe code: 001005







Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 0.4 0.8 1.2 1.6 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 4.0 4.4 4.8 5.2 5.6 6.0



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 13/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 6

## Company information

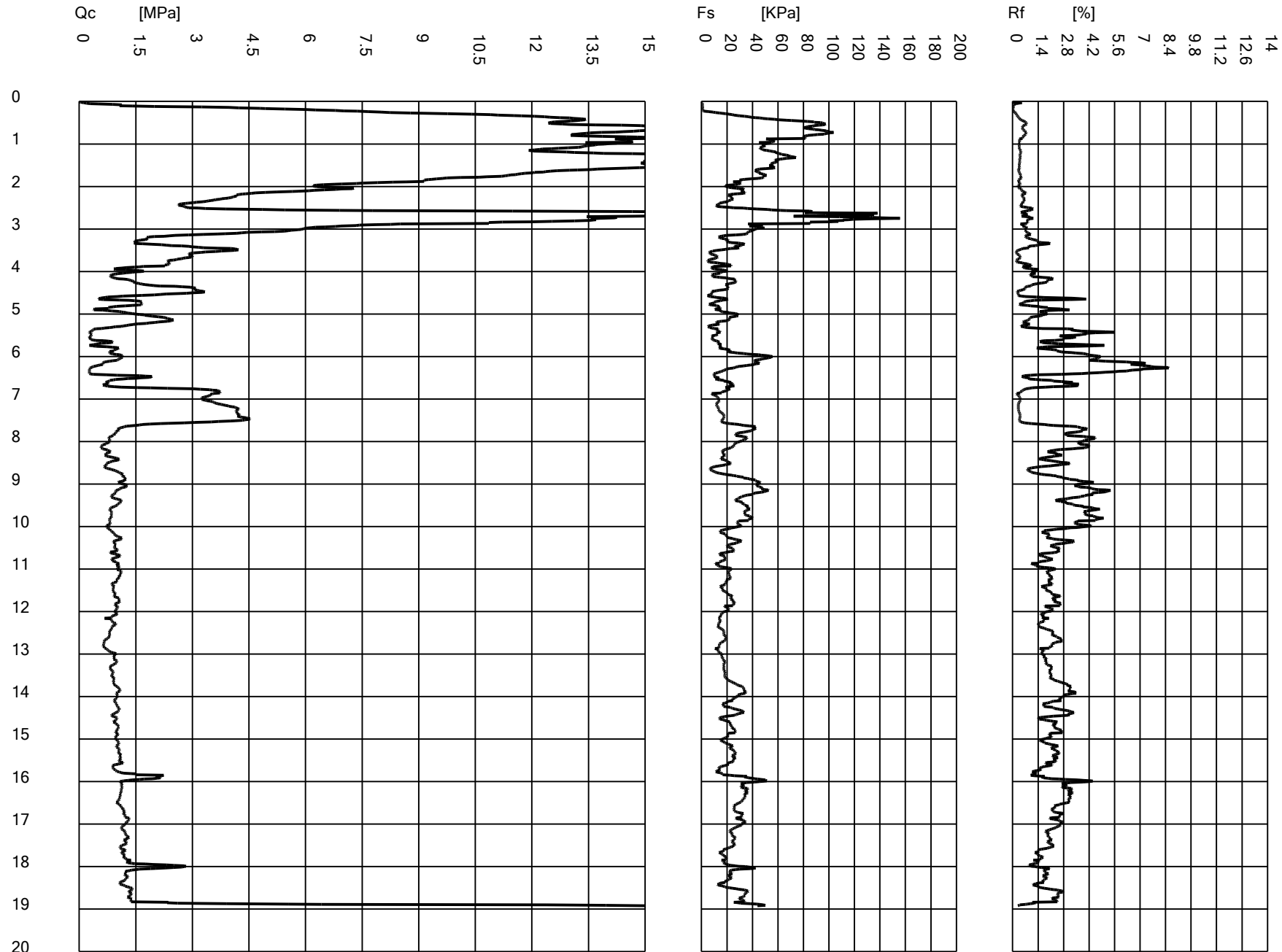
Name: Intergeo srl  
Address: Strada Acquasalata, 9  
Zip code:  
City: Serravalle  
P.IVA: C.O.E: SM 21197  
E-Mail: info@intergeosm.com  
Phone number:  
Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022  
Date: 13/09/2022  
Commissioner: Ciacci Paolo  
Locality:

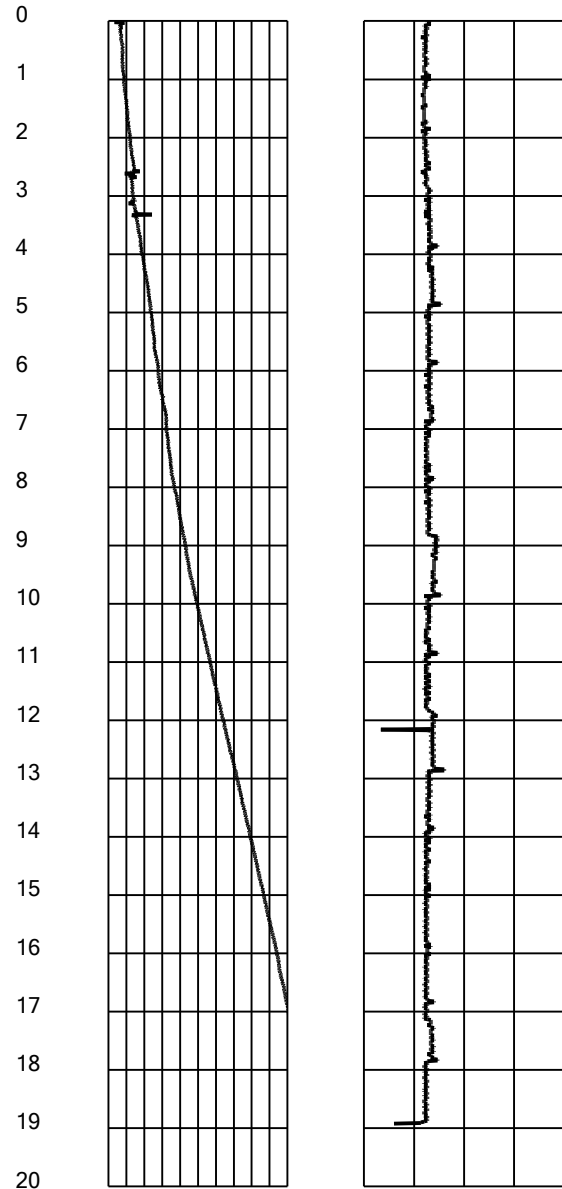
## Test information

Name: CPTE 6  
Location:  
Date: 13/09/2022  
Prehole mode:  
Prehole depth [cm]: 0  
Hydrostatic line [cm]: 120  
Ground level [cm]: 0  
Latitude: 44.087212  
Longitude: 12.540526  
Operator:  
Comments:  
Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 14/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 7

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 7

Location:

Date: 14/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 130

Ground level [cm]: 0

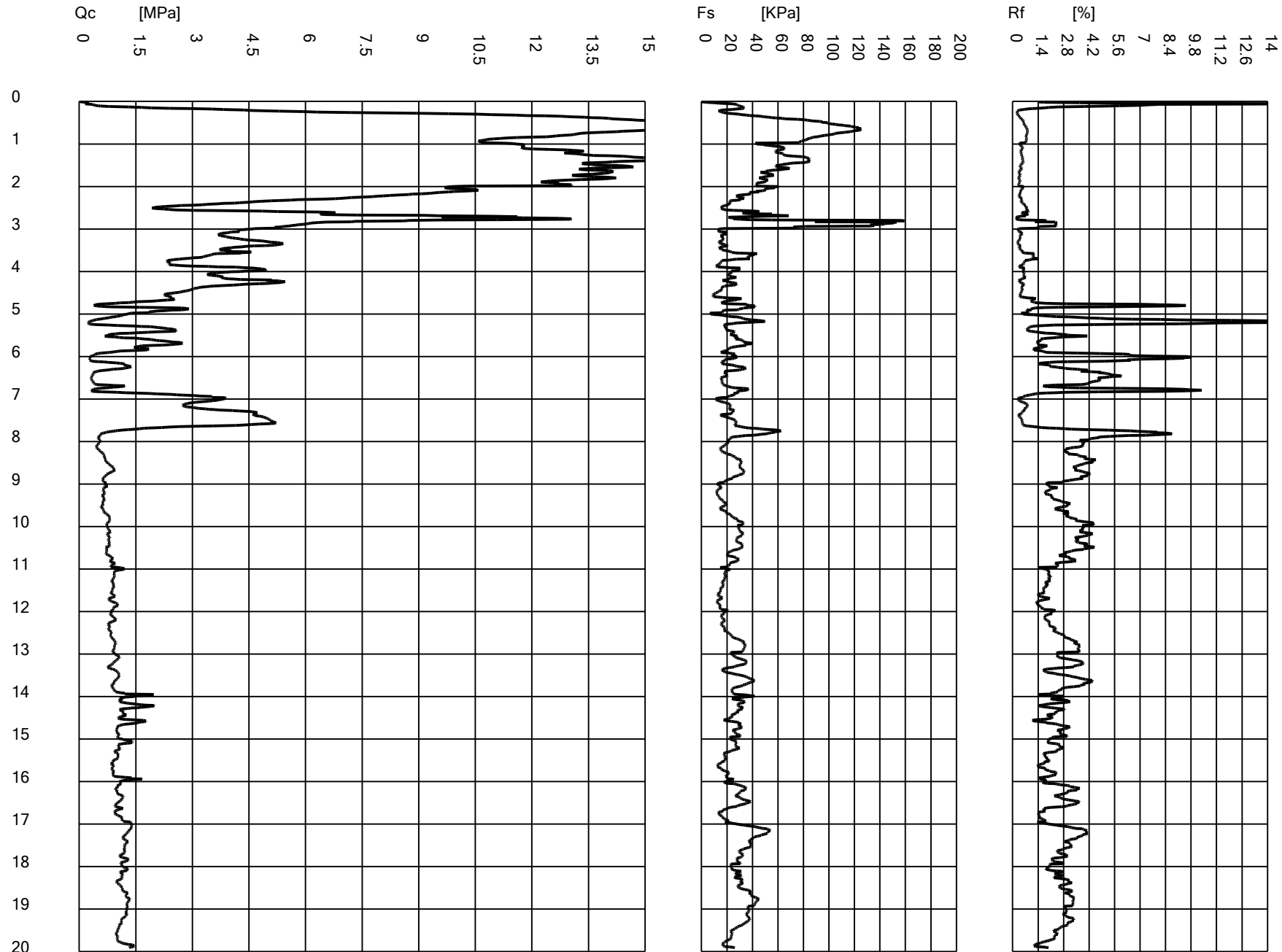
Latitude: 44.0851272

Longitude: 12.543484

Operator:

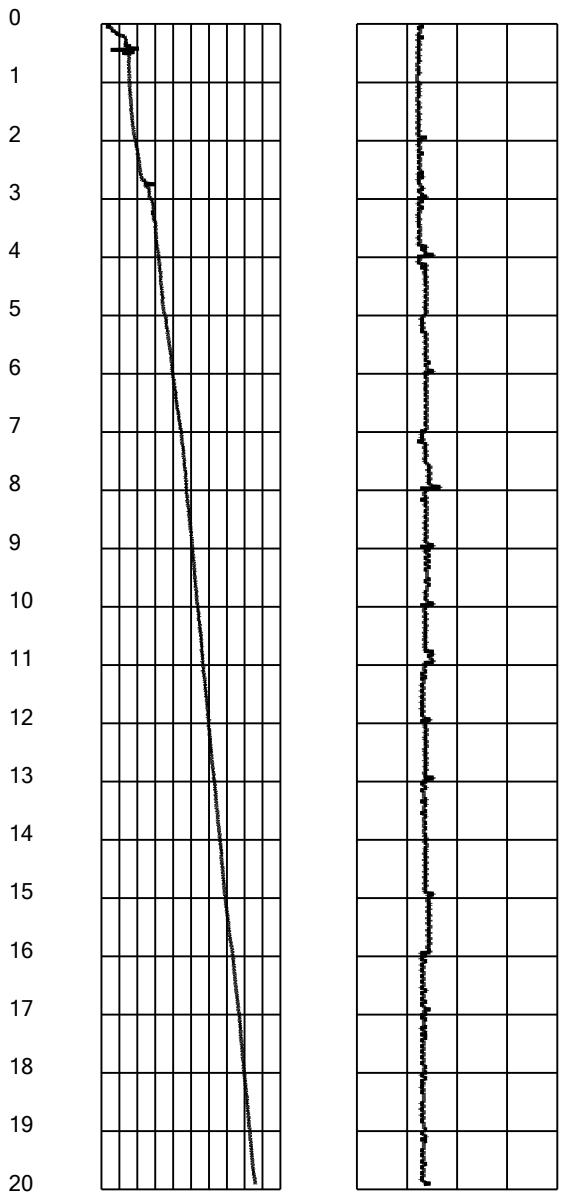
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20





Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 14/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 8

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 8

Location:

Date: 14/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 130

Ground level [cm]: 0

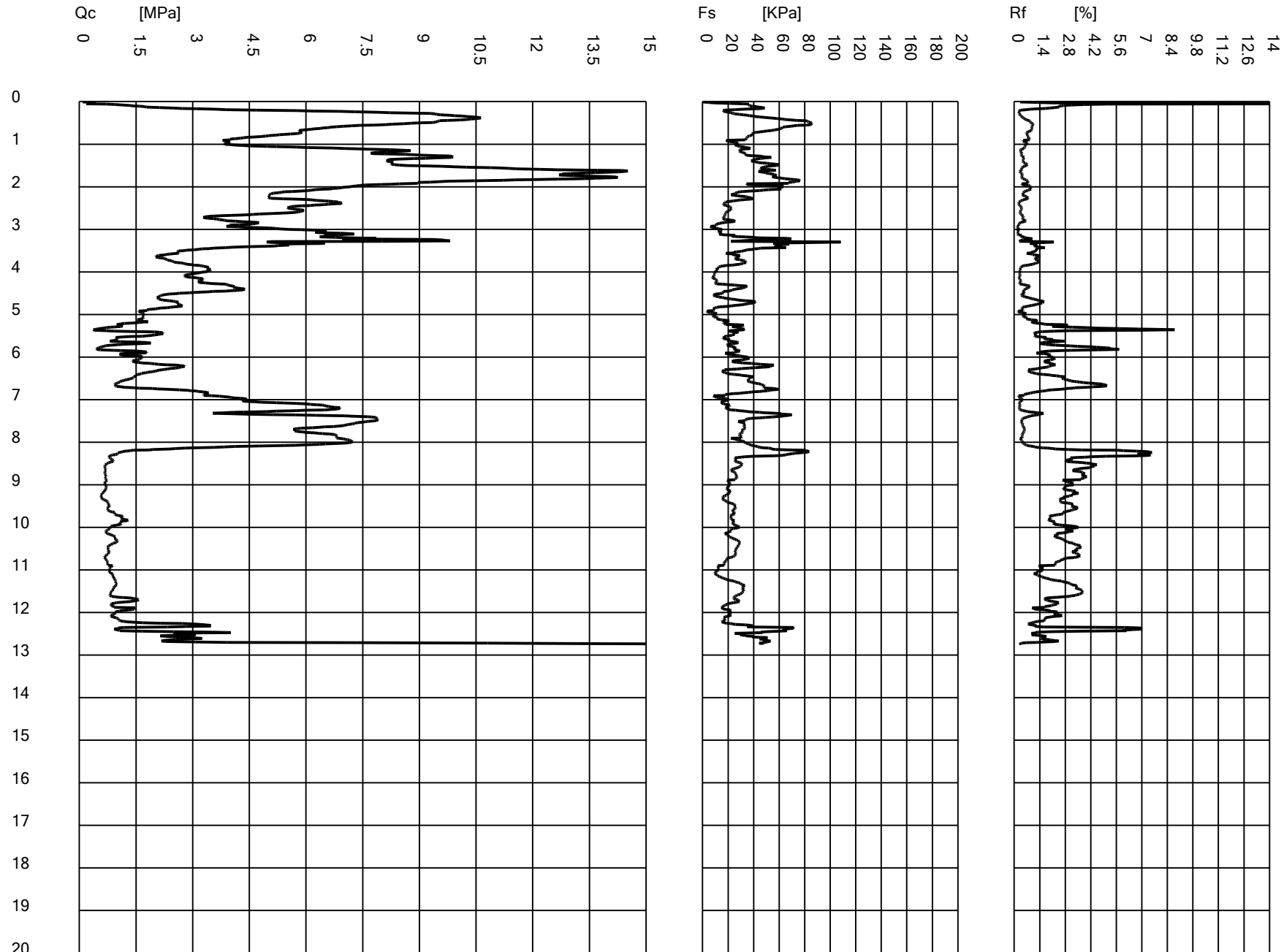
Latitude: 44.081445

Longitude: 12.549044

Operator:

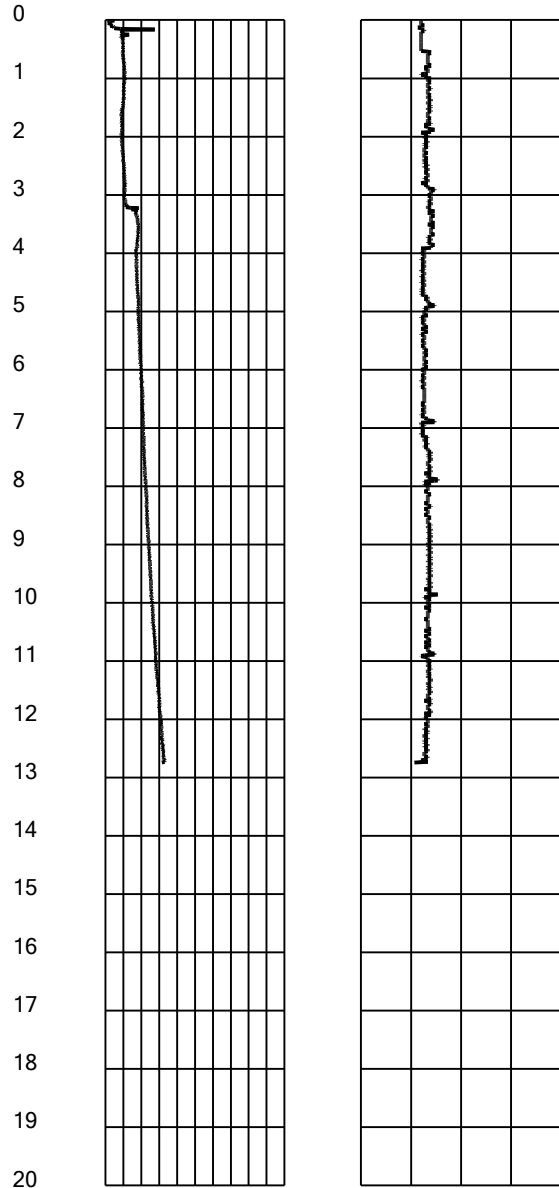
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 14/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 9

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 9

Location:

Date: 14/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 70

Ground level [cm]: 0

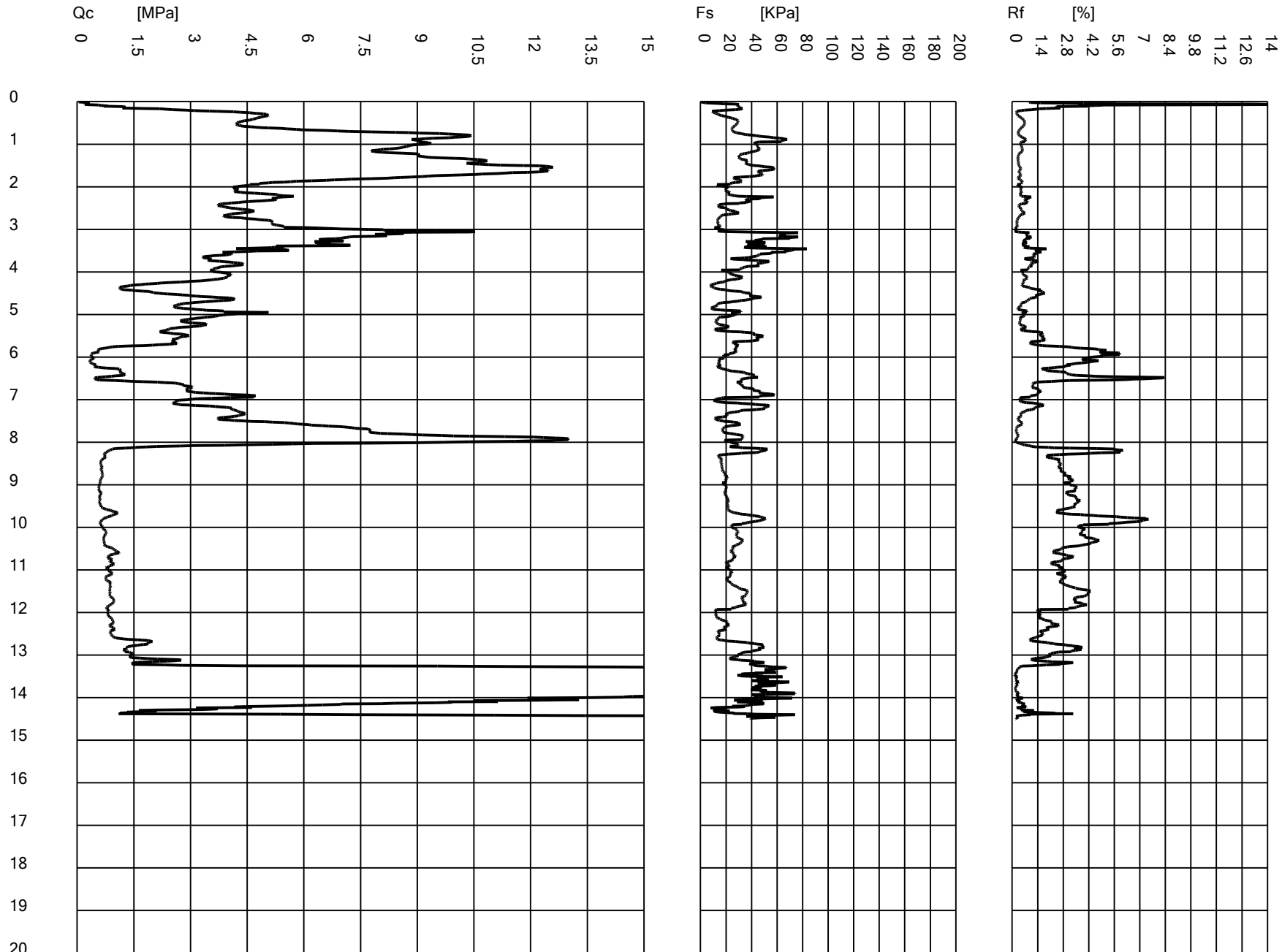
Latitude: 44.079740

Longitude: 12.551971

Operator:

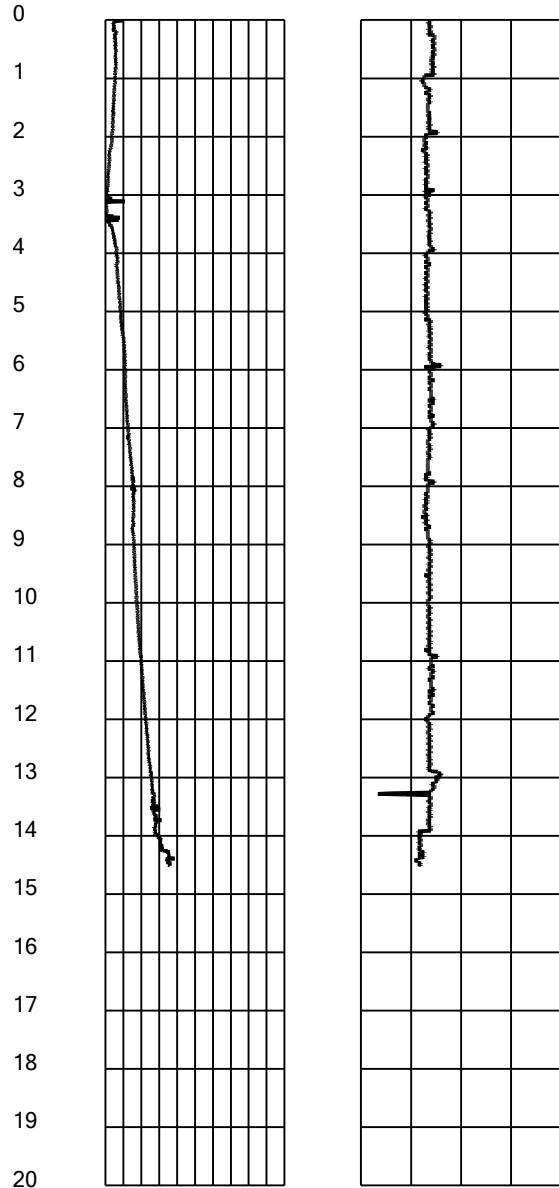
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 14/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 10

## Company information

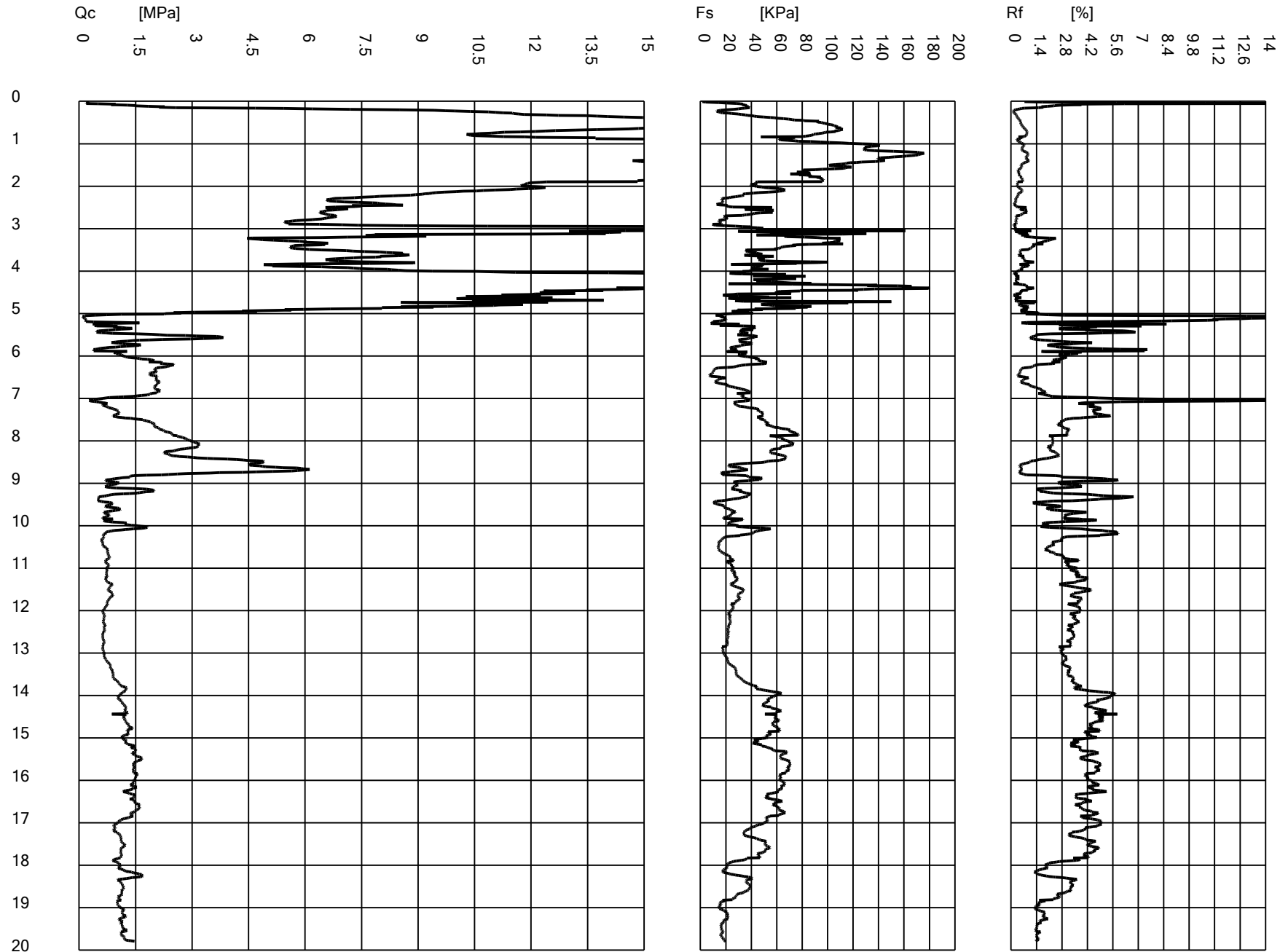
Name: Intergeo srl  
Address: Strada Acquasalata, 9  
Zip code:  
City: Serravalle  
P.IVA: C.O.E: SM 21197  
E-Mail: info@intergeosm.com  
Phone number:  
Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022  
Date: 13/09/2022  
Commissioner: Ciacci Paolo  
Locality:

## Test information

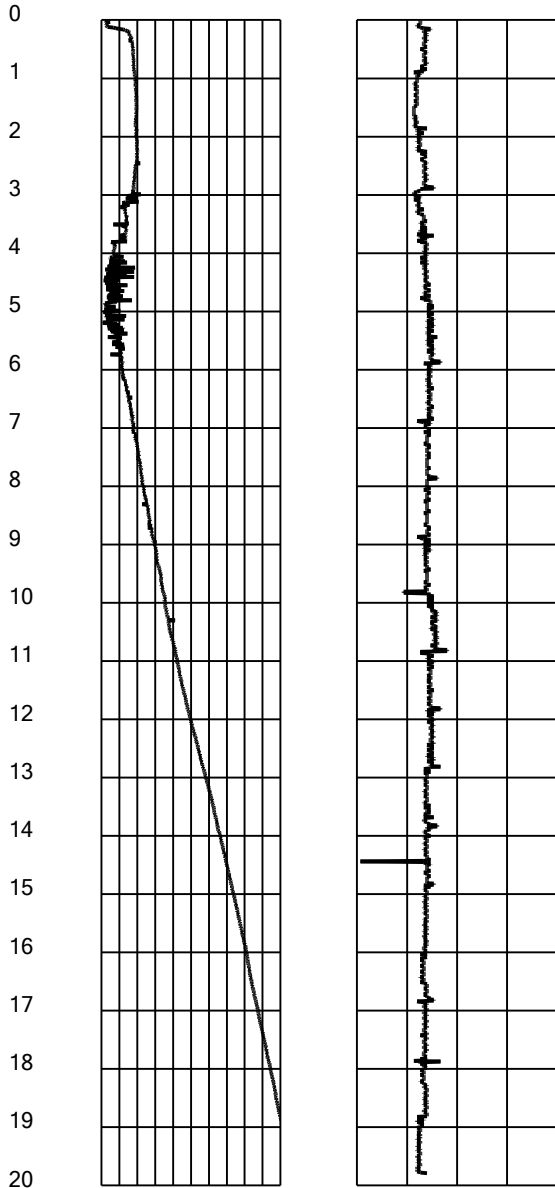
Name: CPTE 10  
Location:  
Date: 14/09/2022  
Prehole mode:  
Prehole depth [cm]: 0  
Hydrostatic line [cm]: 120  
Ground level [cm]: 0  
Latitude: 44.076014  
Longitude: 12.561245  
Operator:  
Comments:  
Probe code: 001005







Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 15/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 11

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 11

Location:

Date: 15/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 110

Ground level [cm]: 0

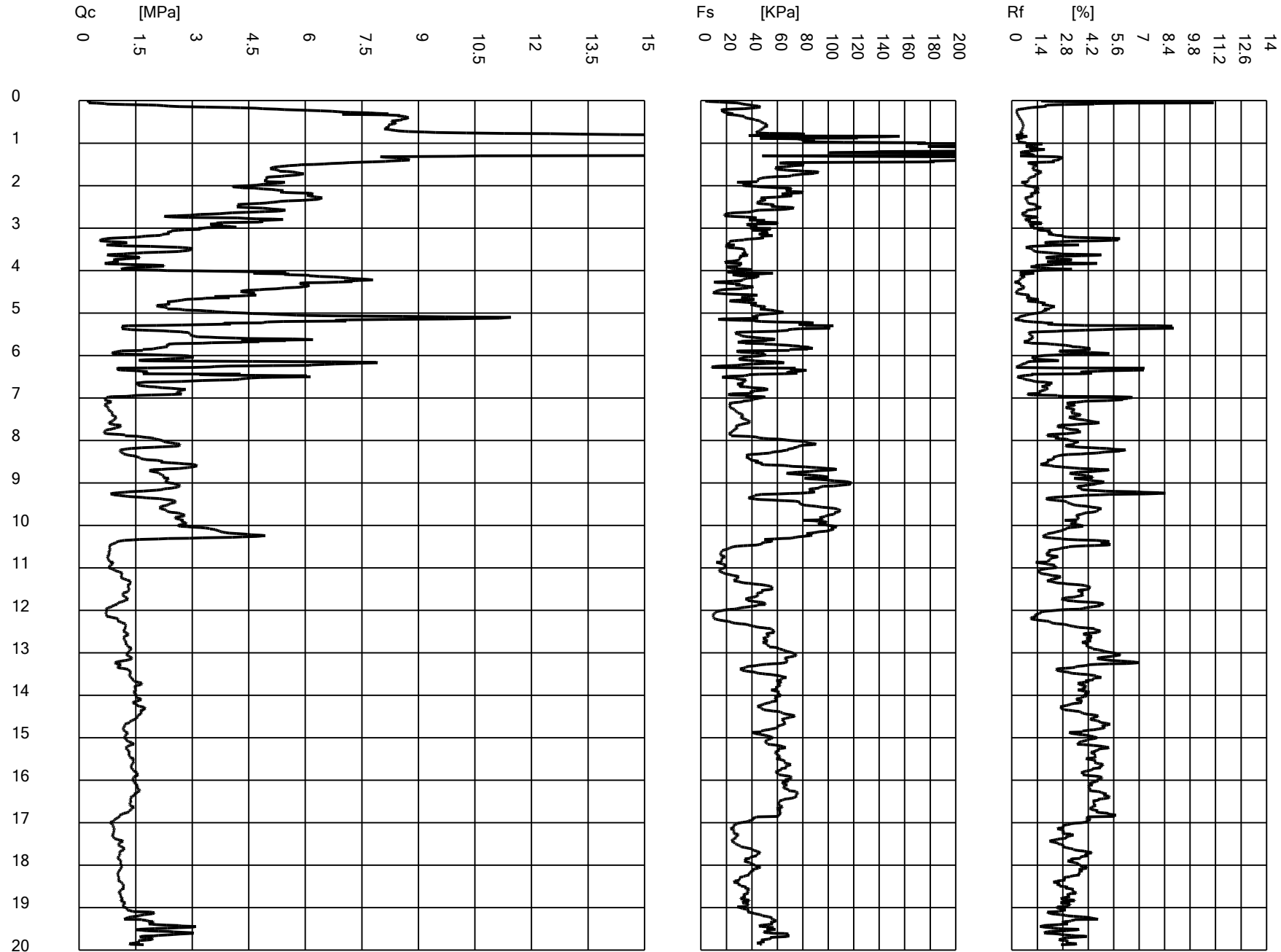
Latitude: 44.075995

Longitude: 12.569449

Operator:

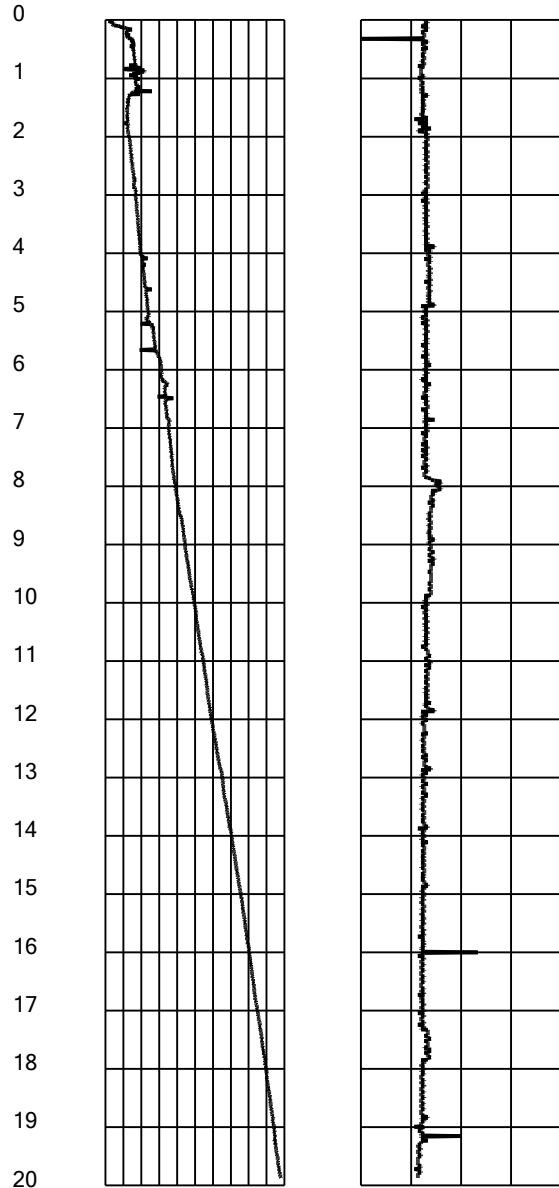
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 13/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 12

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 12

Location:

Date: 13/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 110

Ground level [cm]: 0

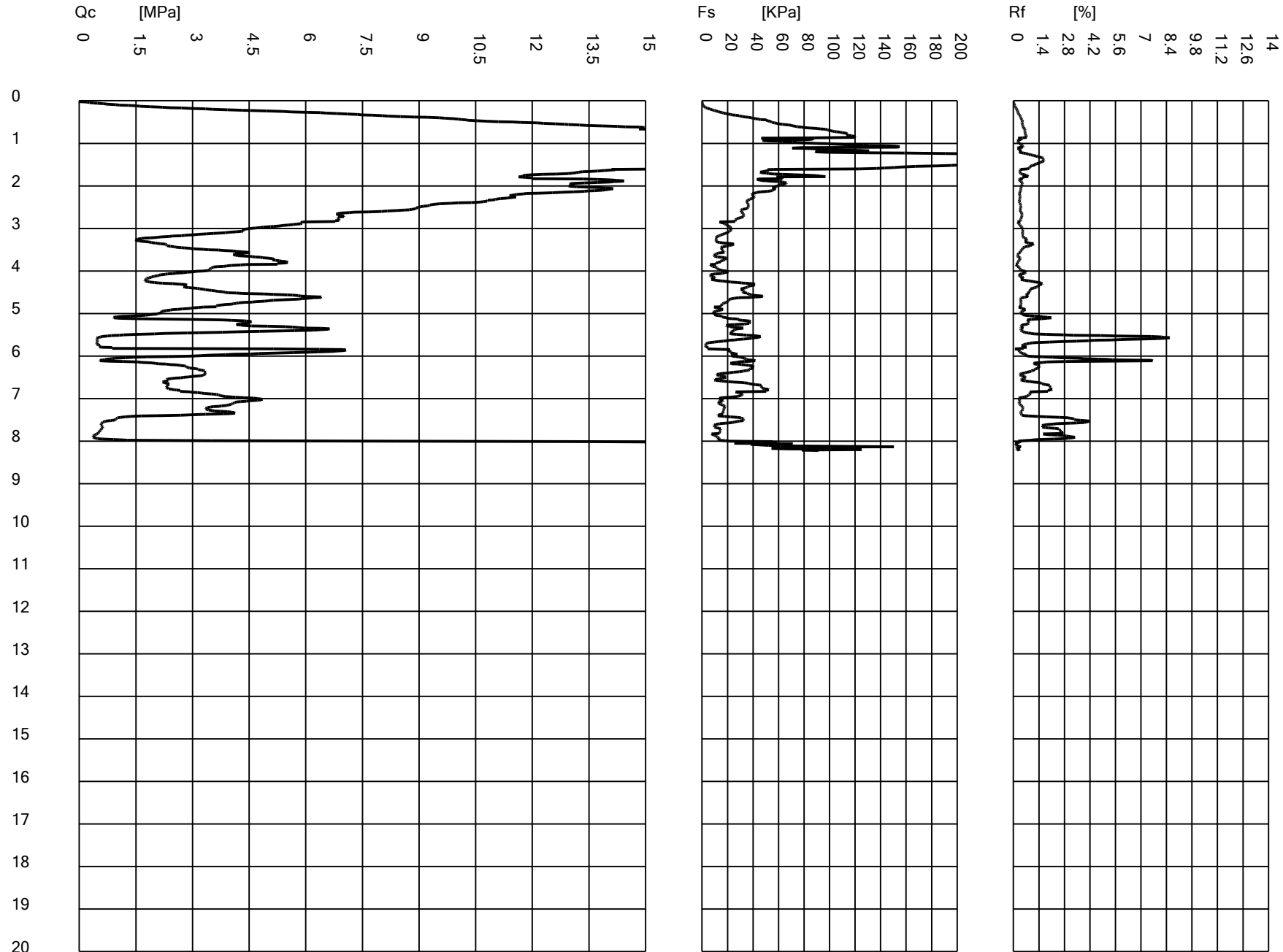
Latitude: 44.114920

Longitude: 12.504088

Operator:

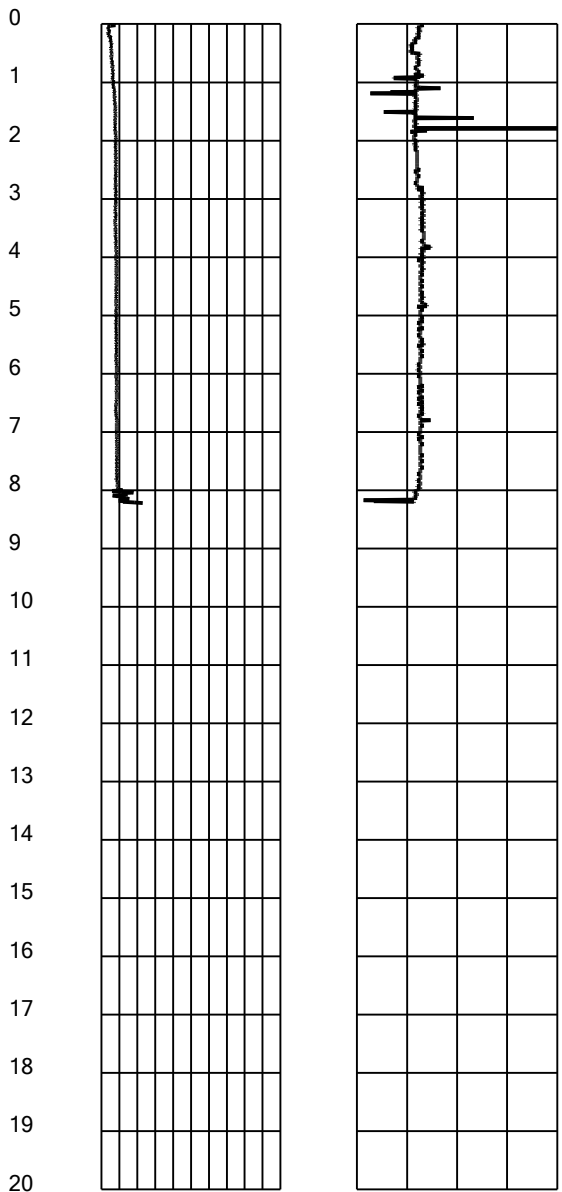
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 16/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 13

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 13

Location:

Date: 16/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 90

Ground level [cm]: 0

Latitude: 44.070438

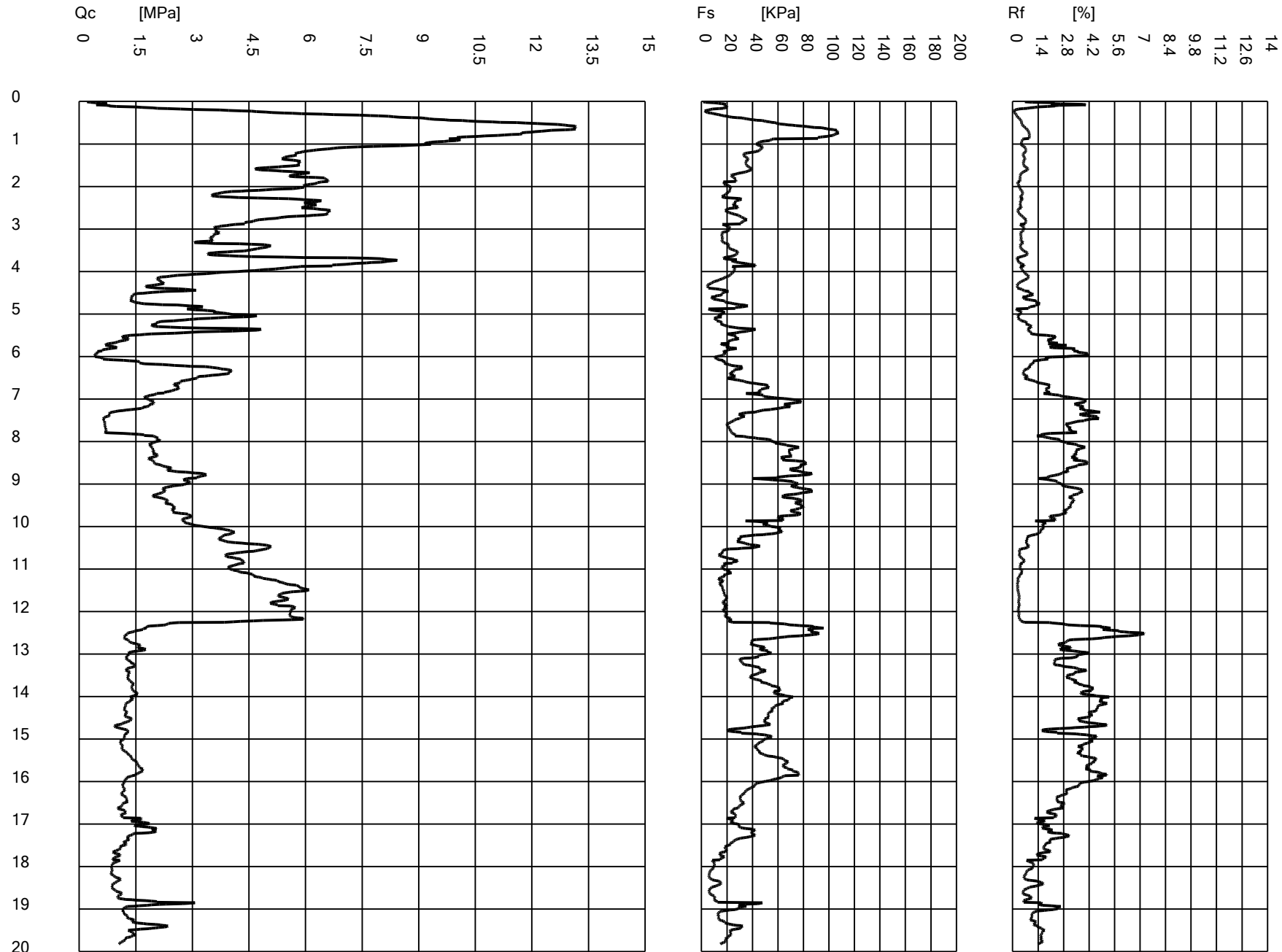
Longitude: 12.581780

Operator:

Comments:

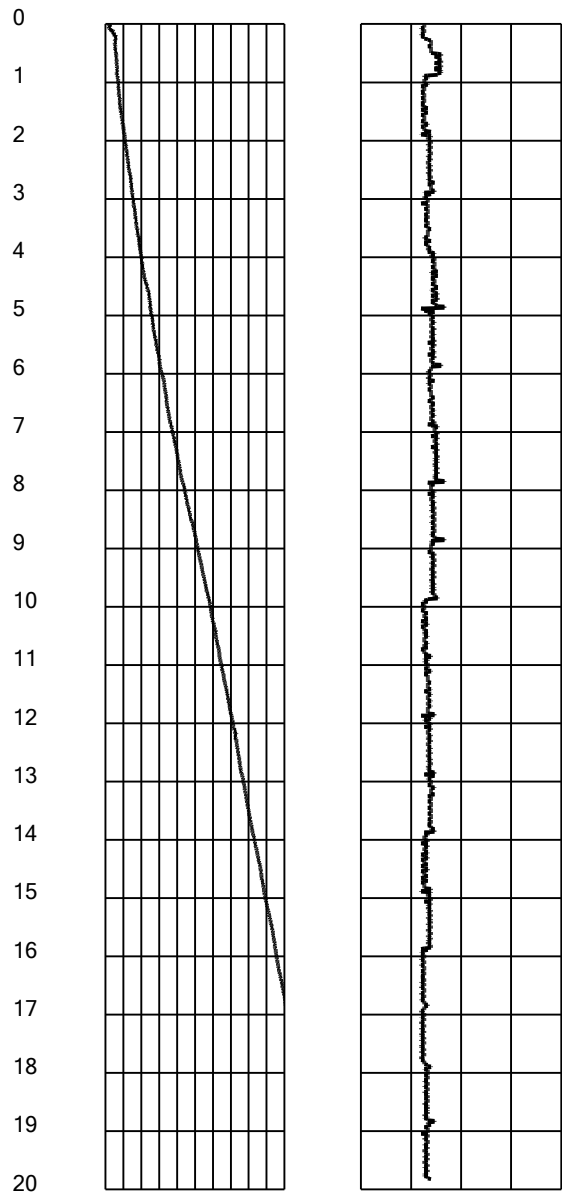
Probe code: 001005







Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 15/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 14

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 14

Location:

Date: 15/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 80

Ground level [cm]: 0

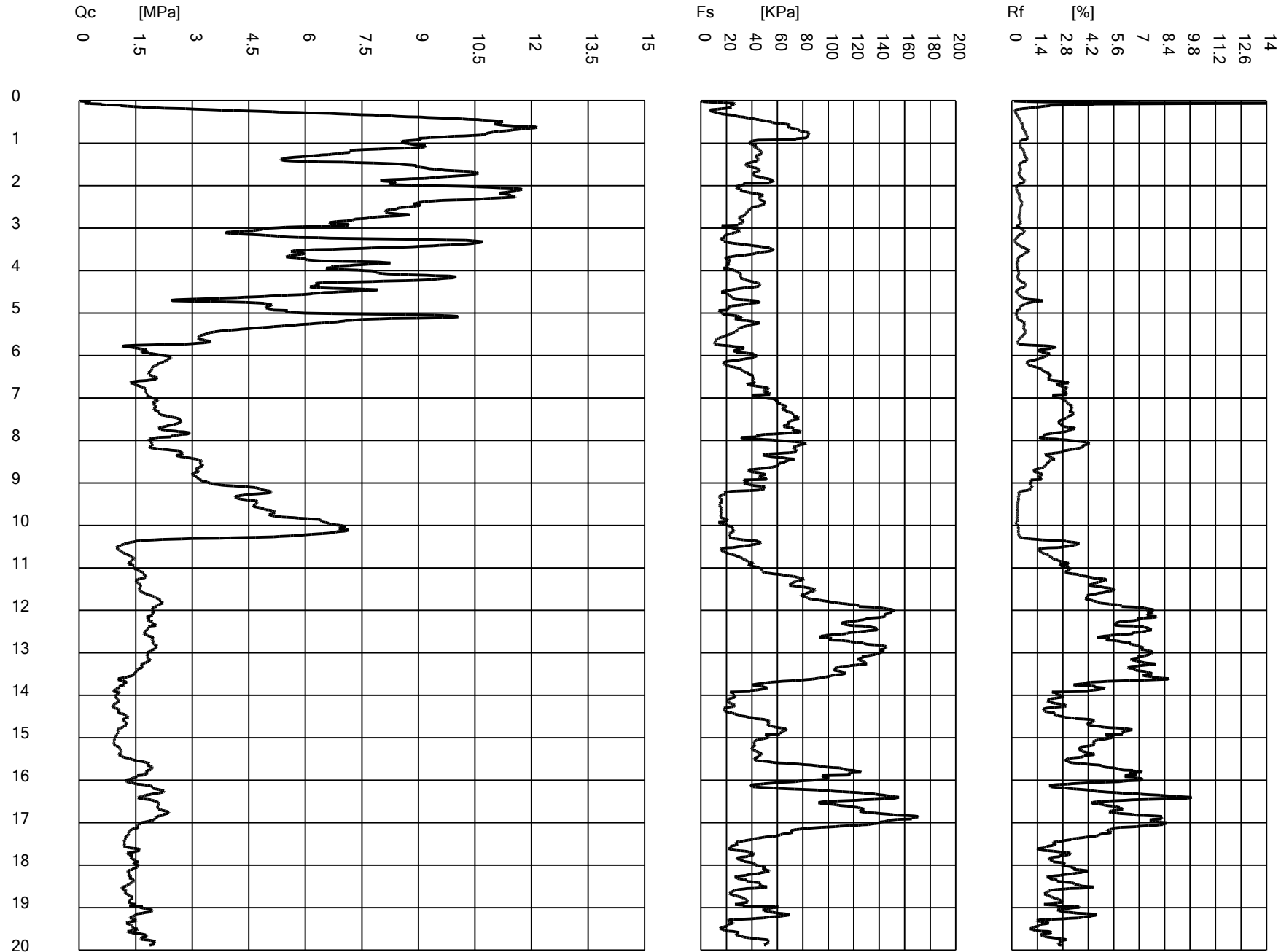
Latitude: 44.064716

Longitude: 12.586908

Operator:

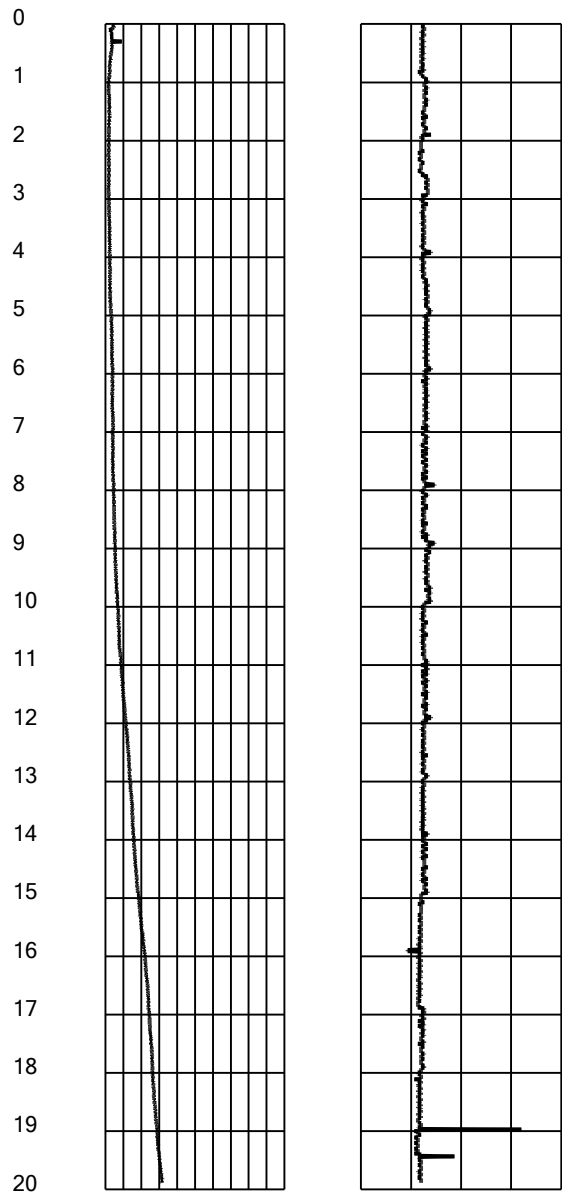
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 0.4 0.8 1.2 1.6 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 4.0 4.4 4.8 5.2 5.6 6.0



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 15/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 15

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 15

Location:

Date: 15/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 120

Ground level [cm]: 0

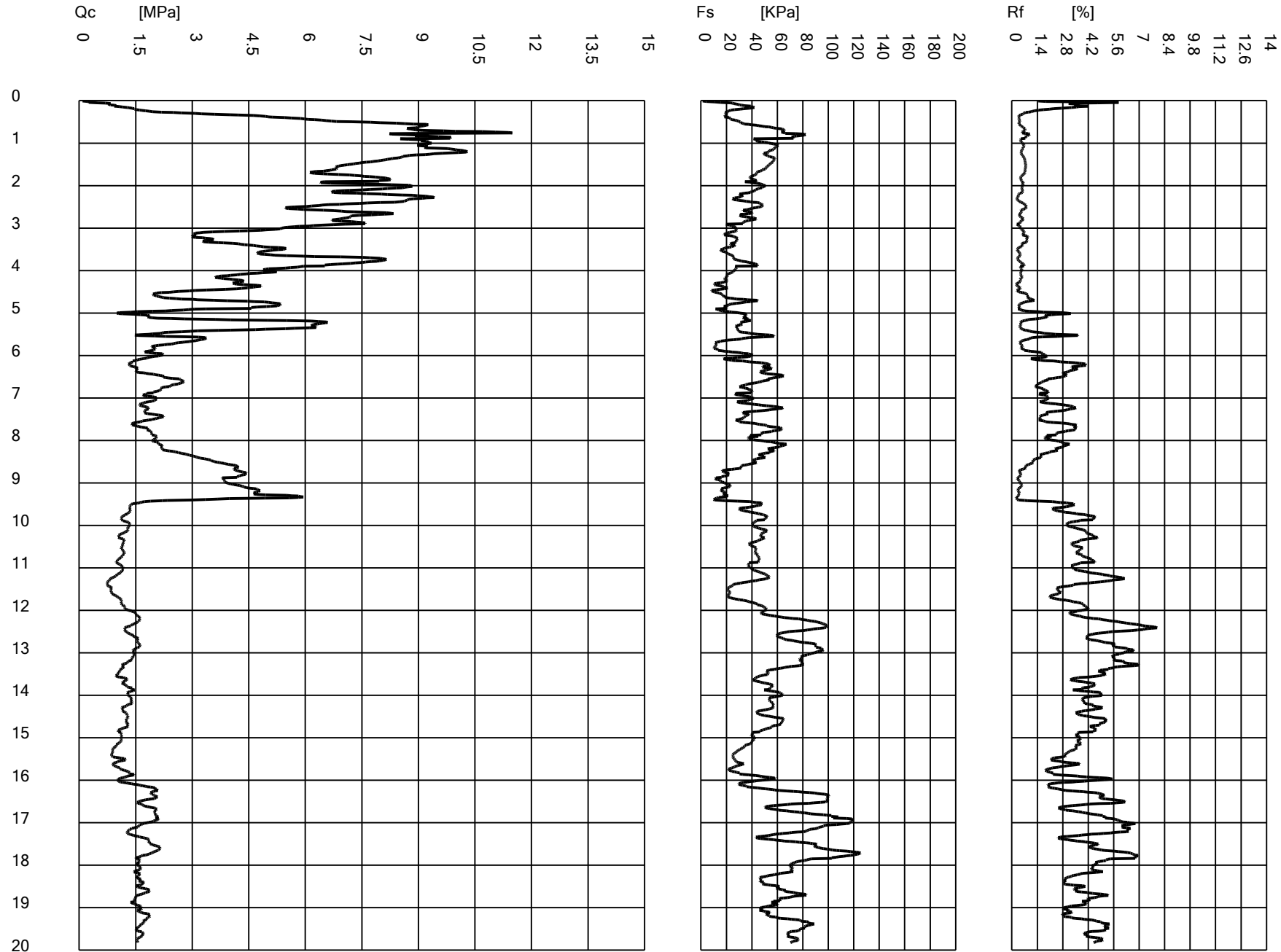
Latitude: 44.061395

Longitude: 12.589549

Operator:

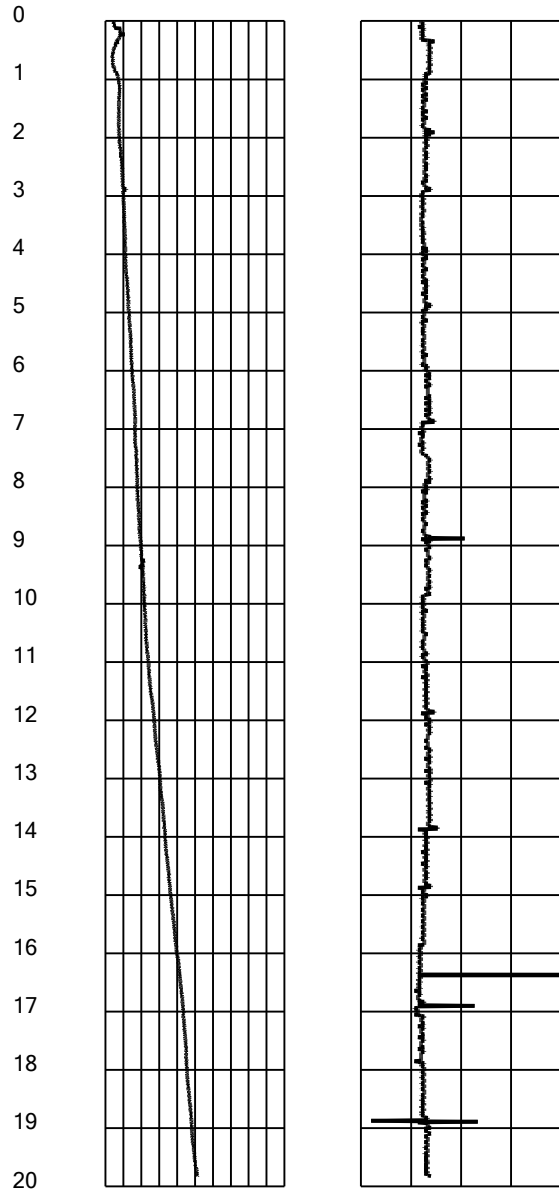
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 0.4 0.8 1.2 1.6 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 4.0 4.4 4.8 5.2 5.6 6.0





Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 15/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 16

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 16

Location:

Date: 15/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 130

Ground level [cm]: 0

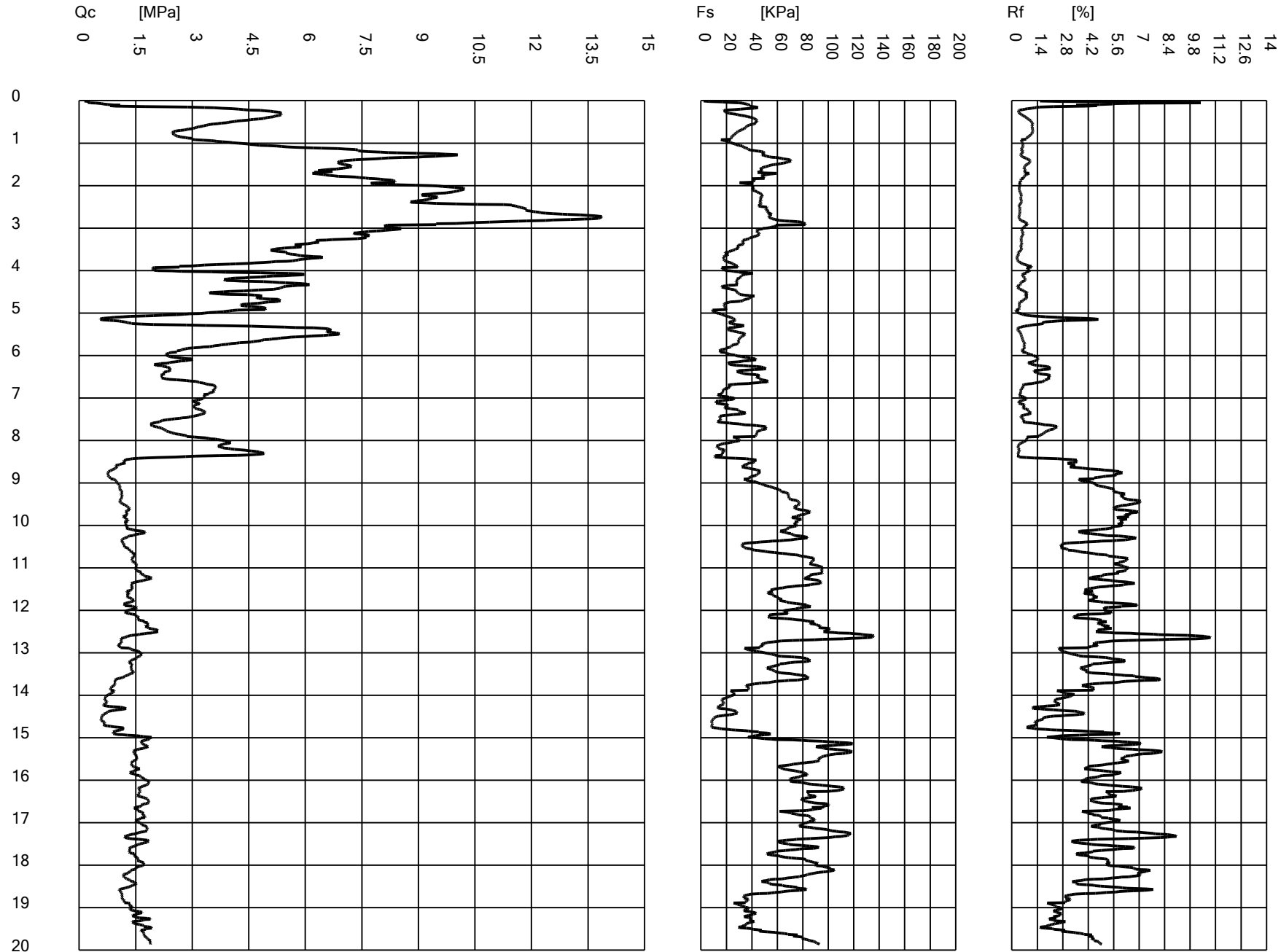
Latitude: 44.052425

Longitude: 12.599430

Operator:

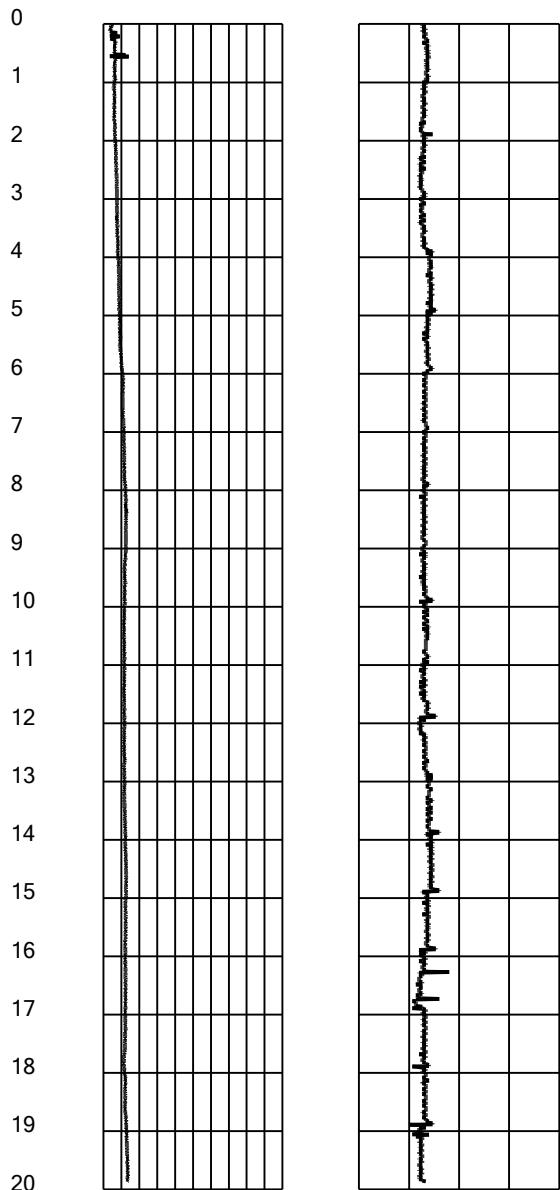
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 16/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 17

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 17

Location:

Date: 16/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 120

Ground level [cm]: 0

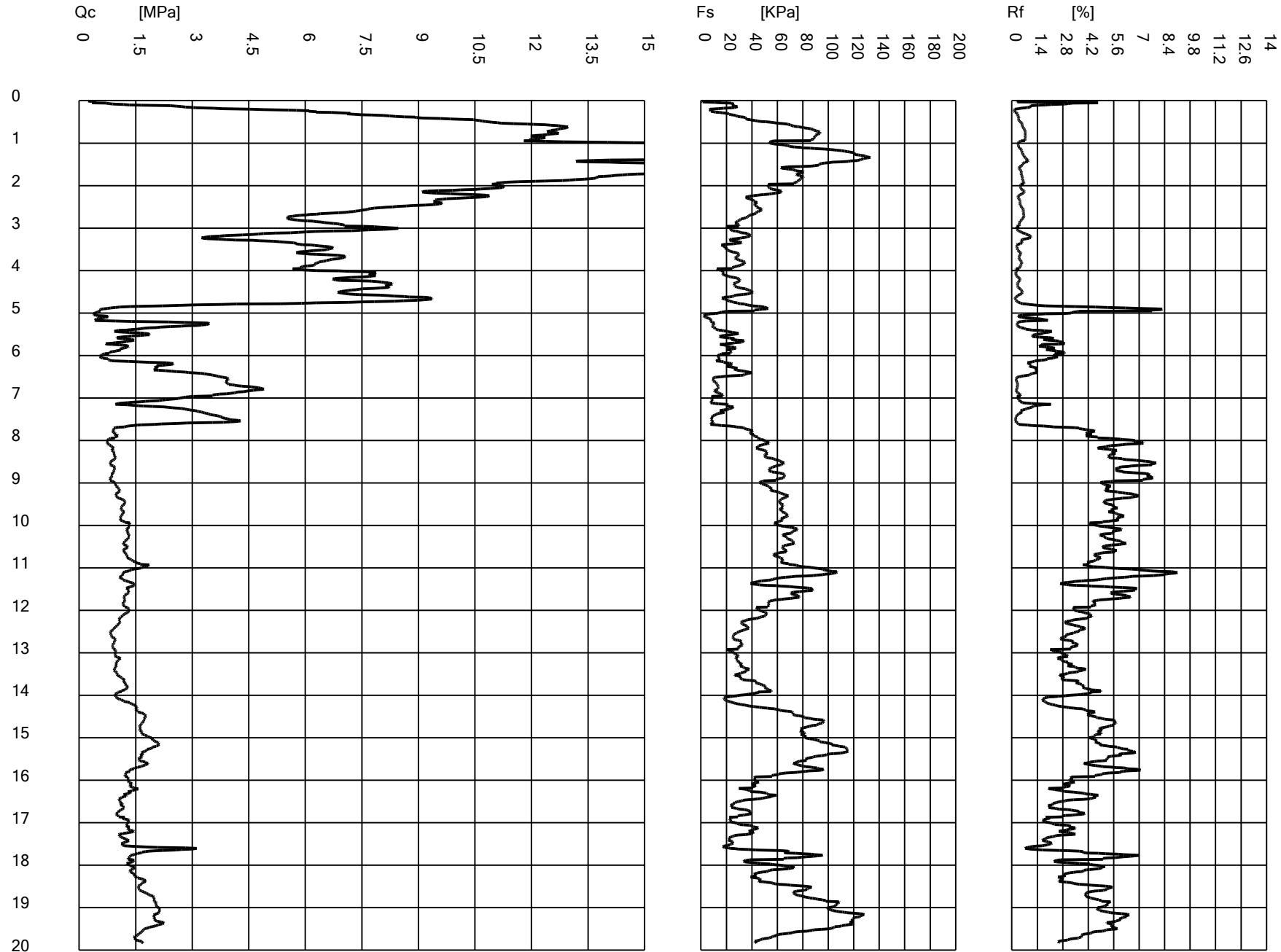
Latitude: 44.037982

Longitude: 12.615567

Operator:

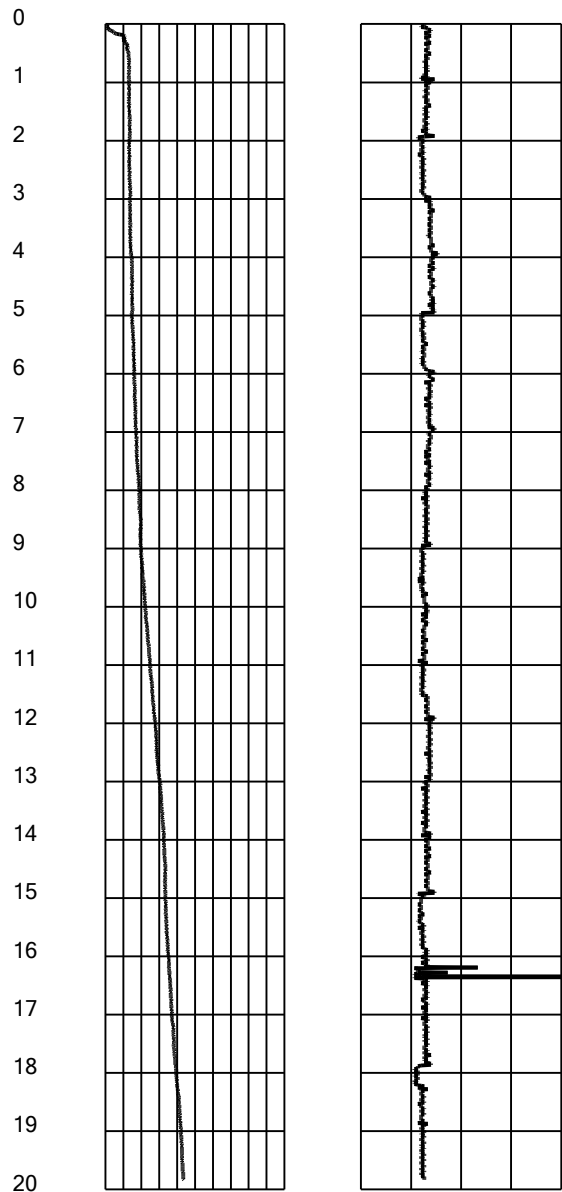
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 0.4 0.8 1.2 1.6 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 4.0 4.4 4.8 5.2 5.6 6.0



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 16/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 18

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 18

Location:

Date: 16/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 120

Ground level [cm]: 0

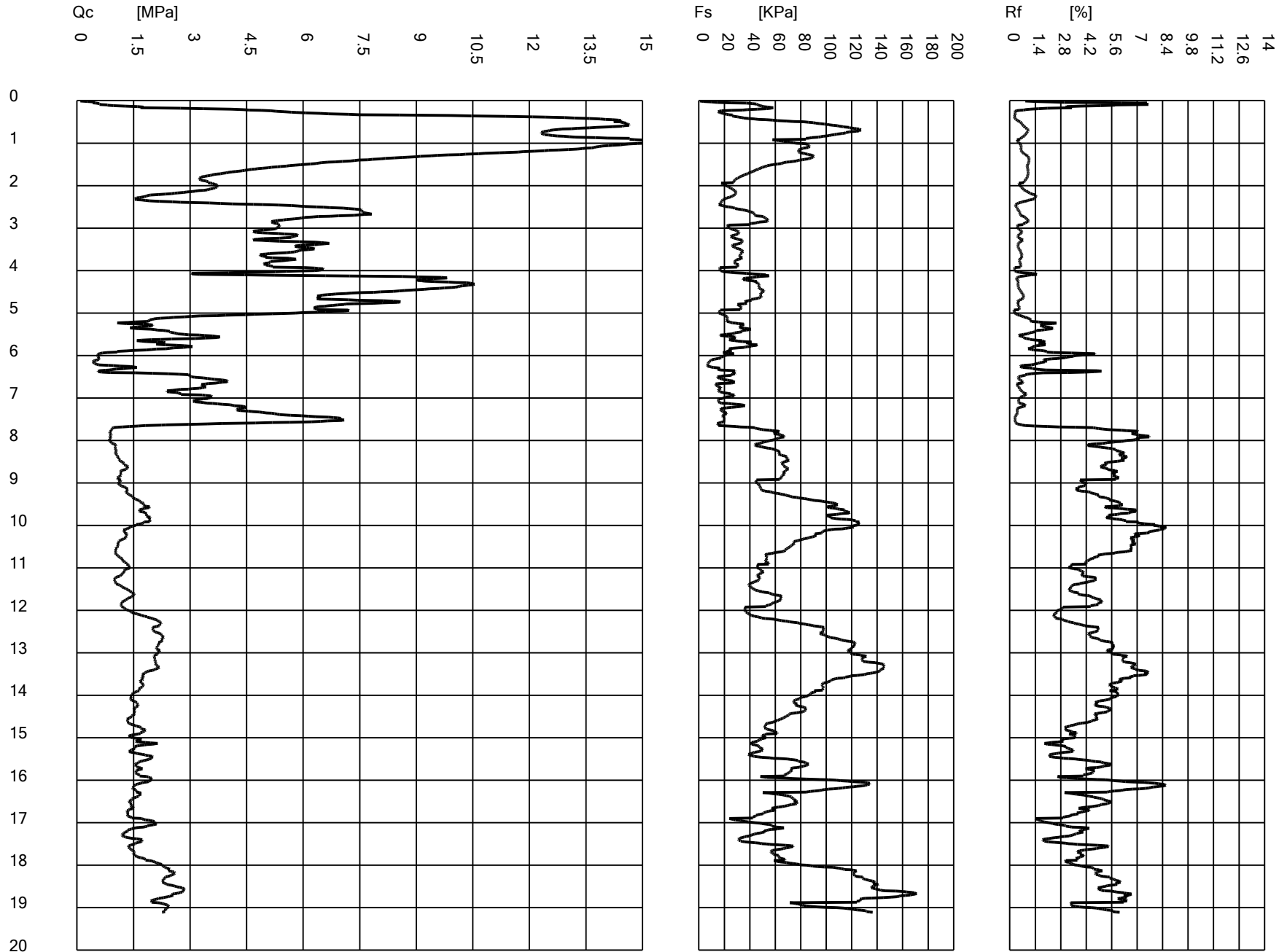
Latitude: 44.035941

Longitude: 12.618208

Operator:

Comments:

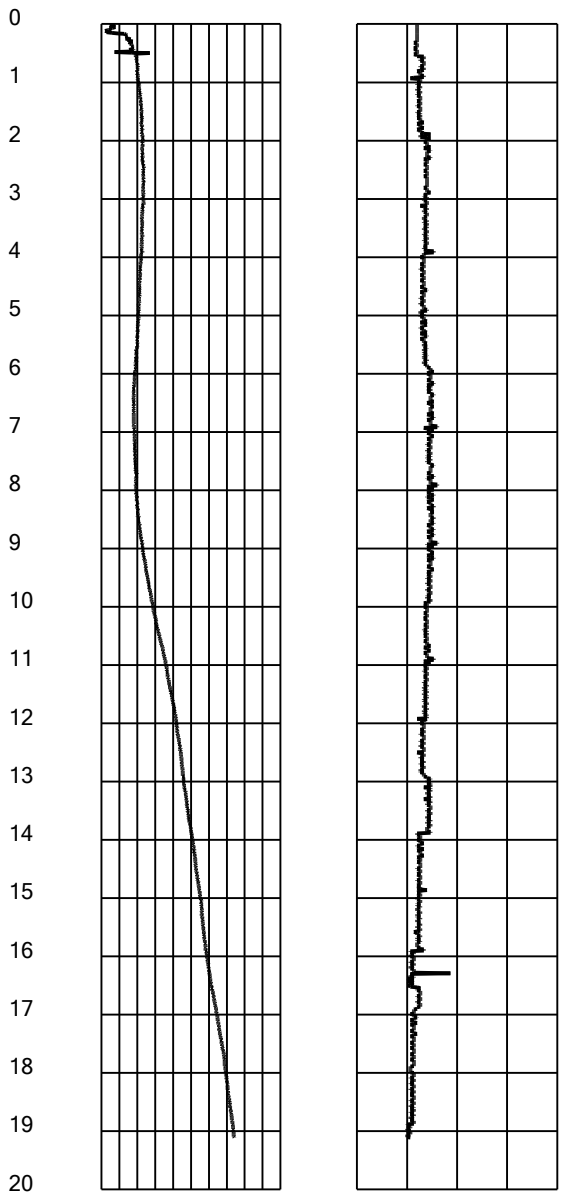
Probe code: 001005







Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 14/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 19

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 19

Location:

Date: 14/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 140

Ground level [cm]: 0

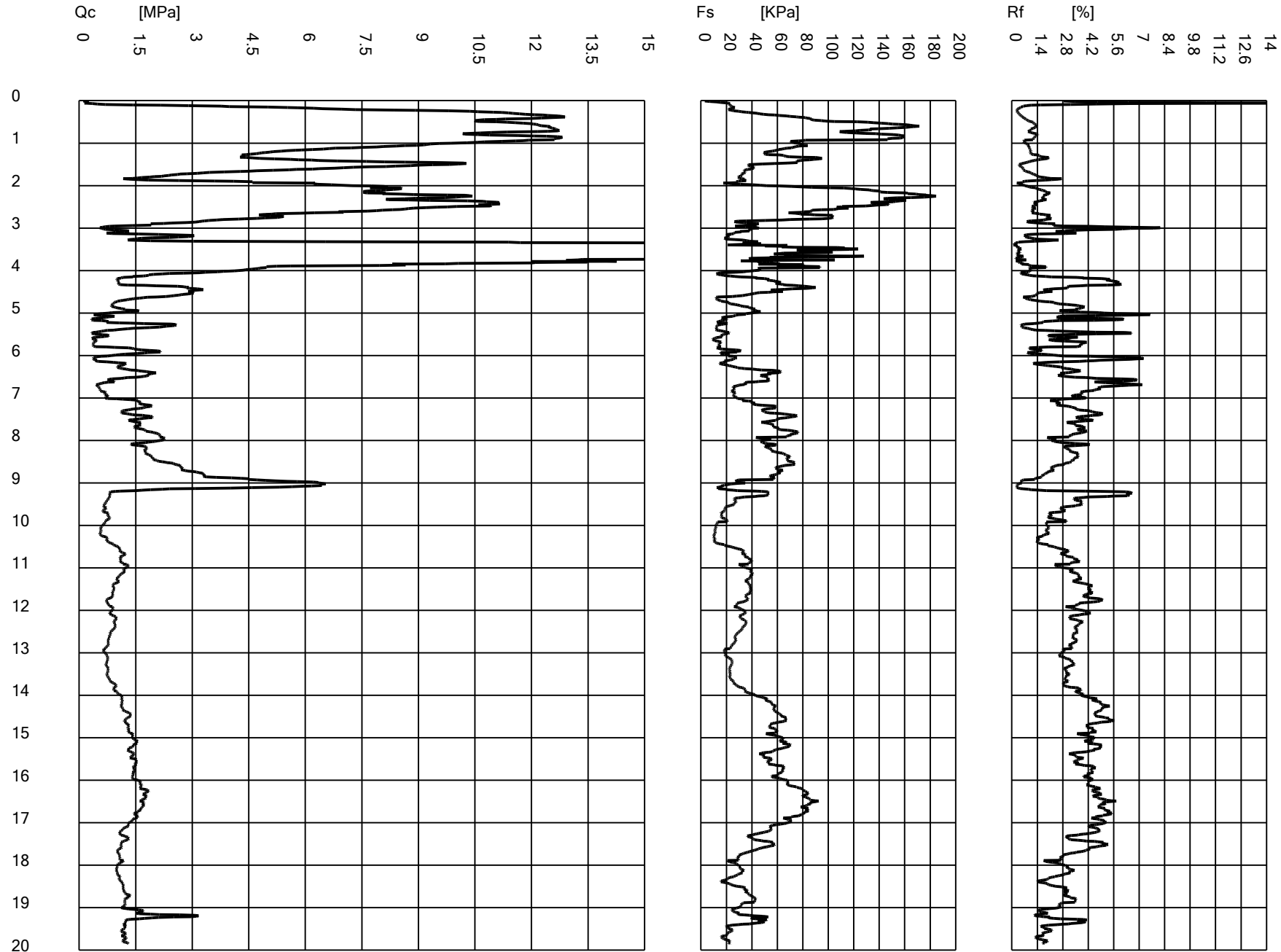
Latitude: 44.075819

Longitude: 12.564442

Operator:

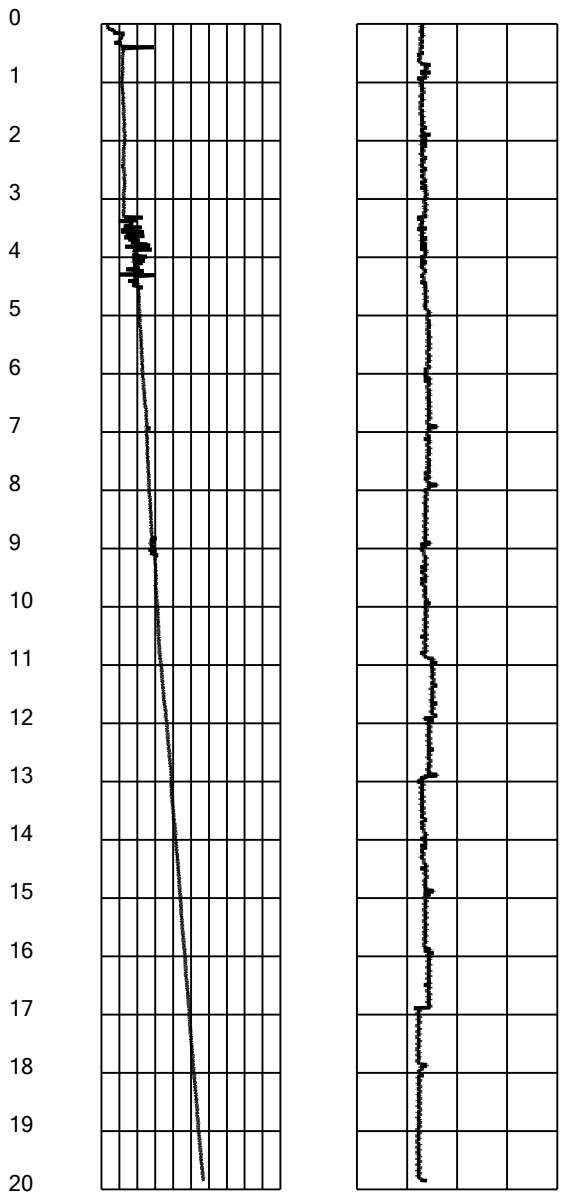
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 15/09/2022

Site: Rimini - Piano Spiaggia 2022 - Test: CPTE 20

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Rimini - Piano Spiaggia 2022

Date: 13/09/2022

Commissioner: Ciacci Paolo

Locality:

## Test information

Name: CPTE 20

Location:

Date: 15/09/2022

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 110

Ground level [cm]: 0

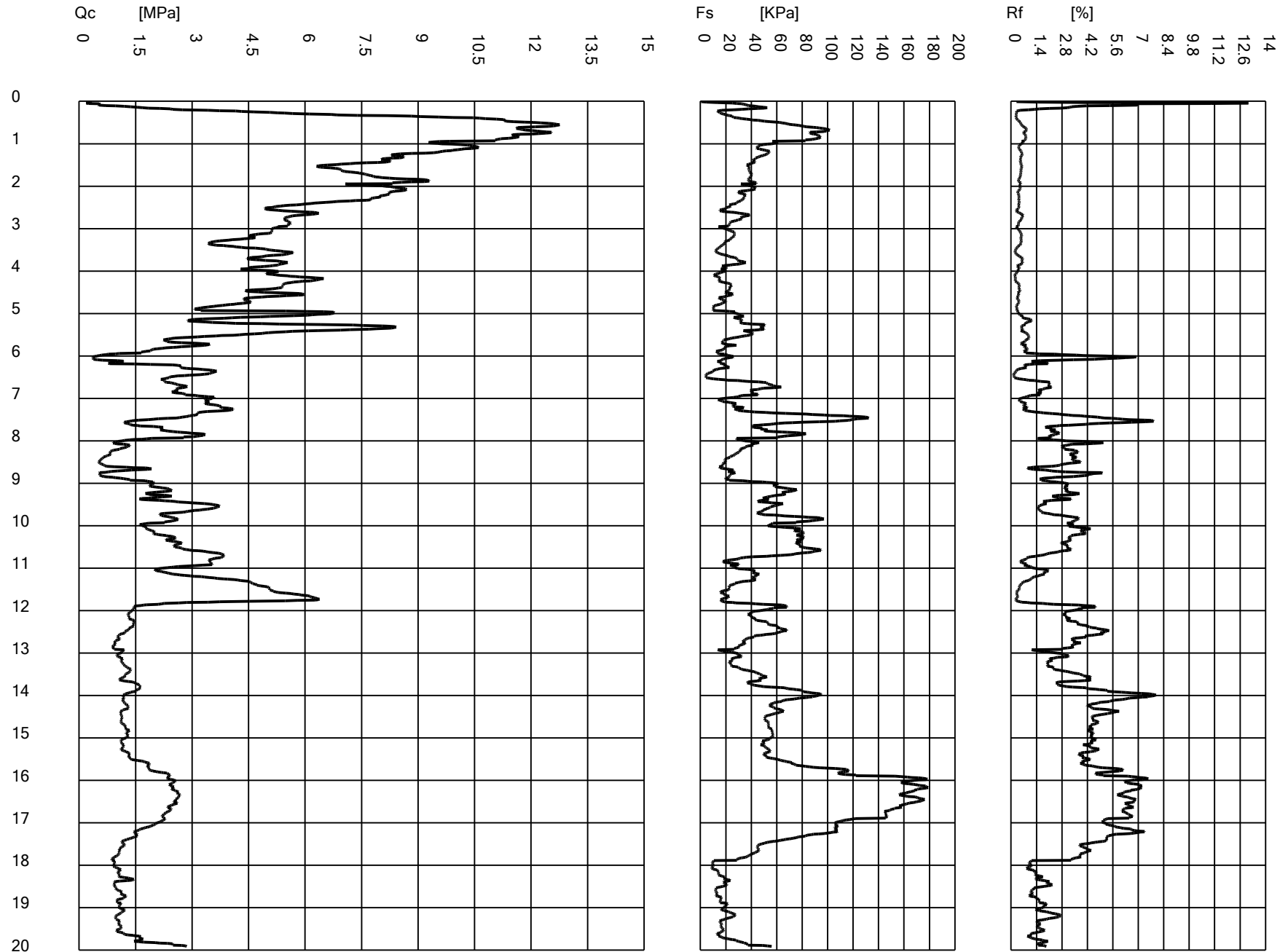
Latitude: 44.074930

Longitude: 12.576923

Operator:

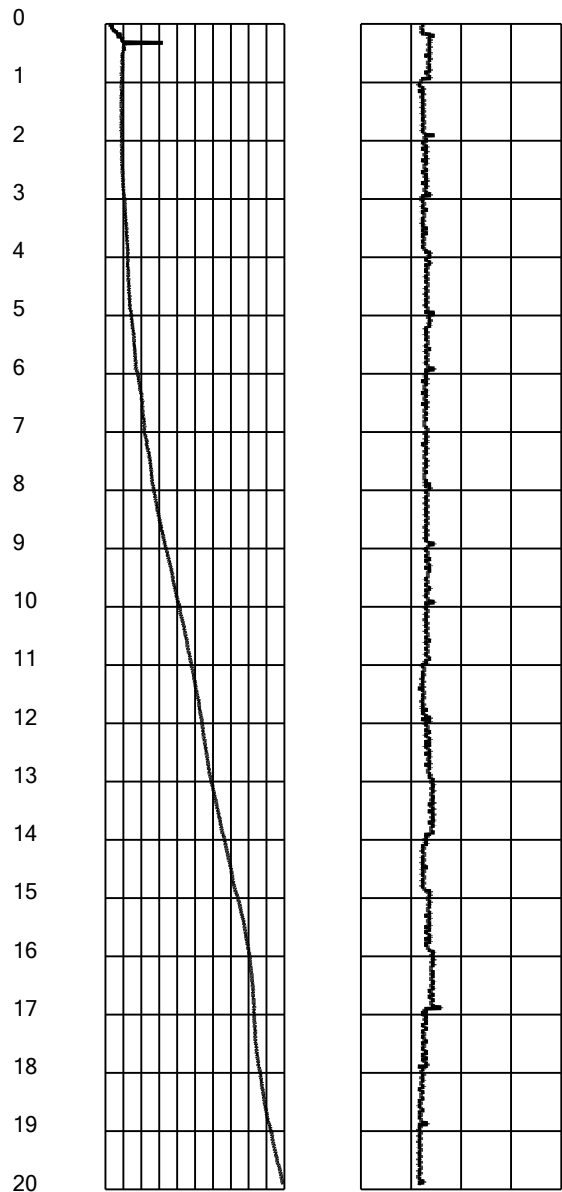
Comments:

Probe code: 001005





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 25/10/2023 13:44:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ´ GF

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Piano Arenile RIMINI

Date: 25/10/2023

Commissioner: Merli Alessandro

Locality:

## Test information

Name: ÔÚVÒ´ GF

Location:

Date: 25/10/2023 13:44:00

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 100

Hydrostatic line [cm]: 200

Ground level [cm]: 0

Latitude: 44.074522

Longitude: 12.575449

Operator:

Comments:

Probe code: Mks728



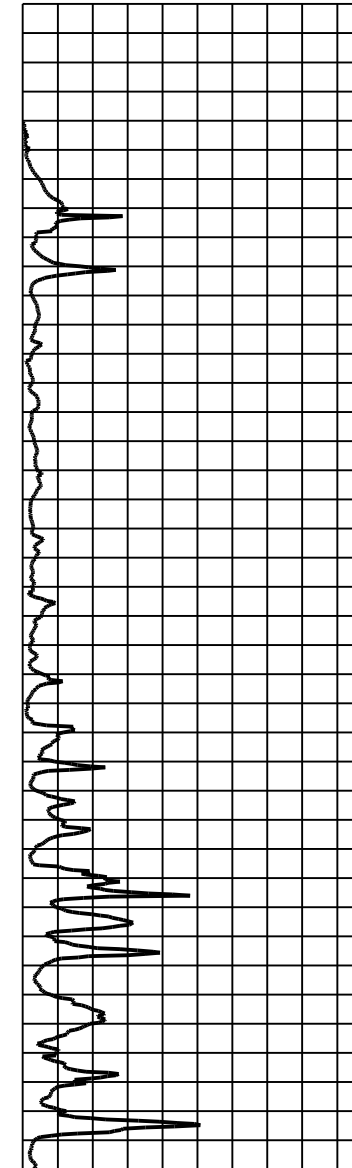
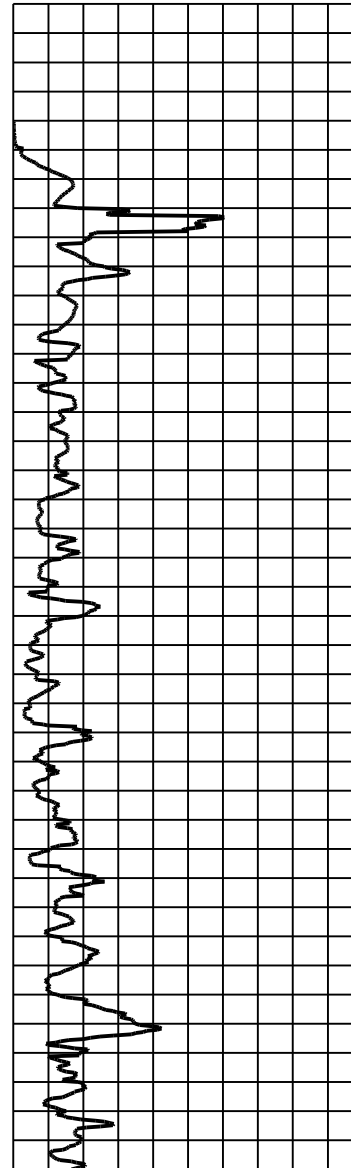
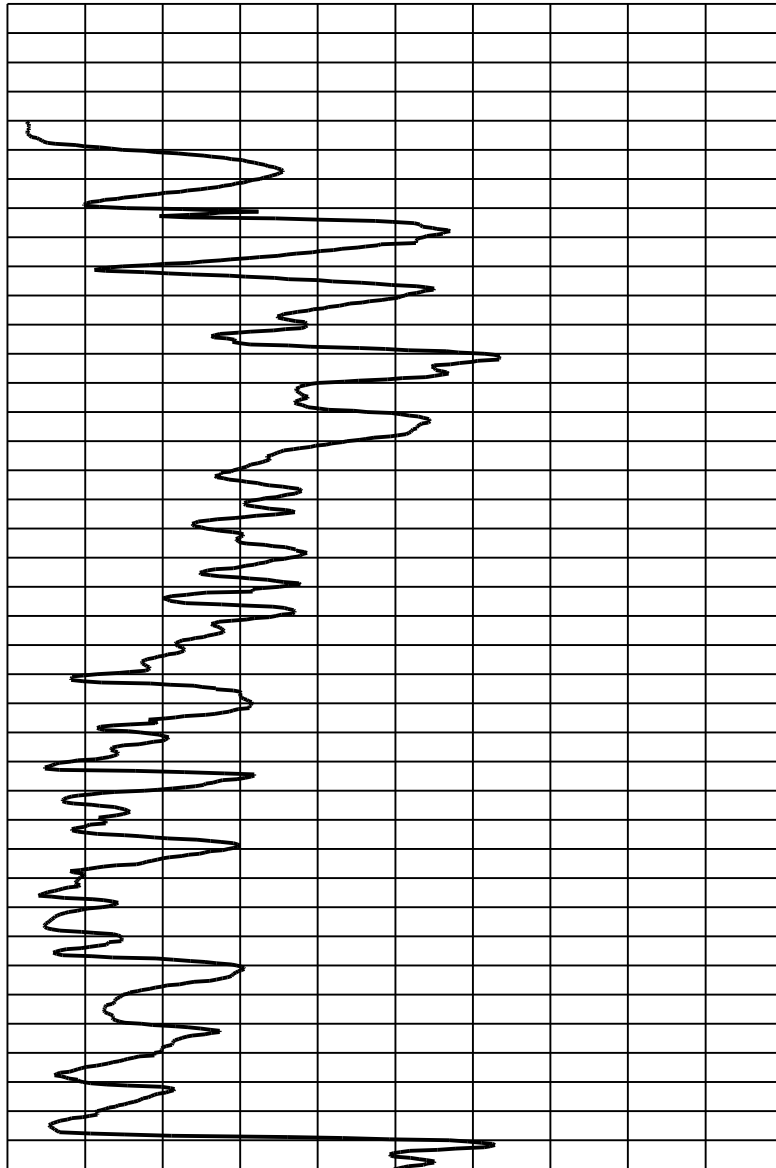


Qc [MPa]  
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14

0  
0.25  
0.5  
0.75  
1  
1.25  
1.5  
1.75  
2  
2.25  
2.5  
2.75  
3  
3.25  
3.5  
3.75  
4  
4.25  
4.5  
4.75  
5  
5.25  
5.5  
5.75  
6  
6.25  
6.5  
6.75  
7  
7.25  
7.5  
7.75  
8  
8.25  
8.5  
8.75  
9  
9.25  
9.5  
9.75  
10

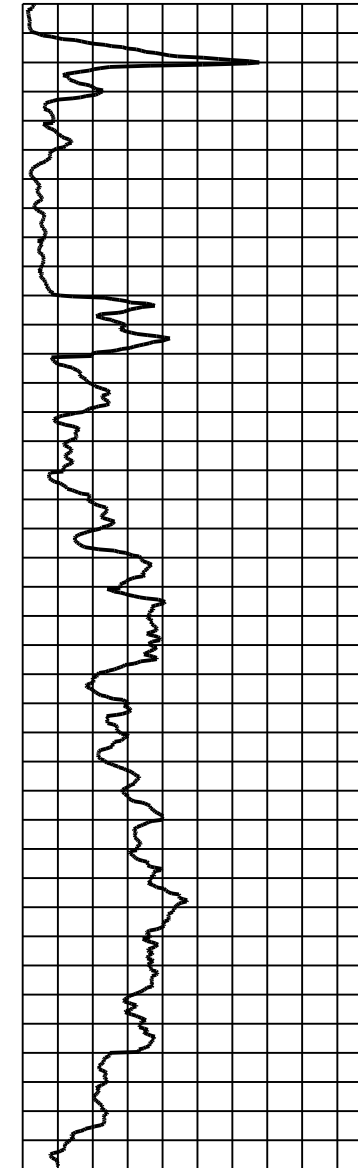
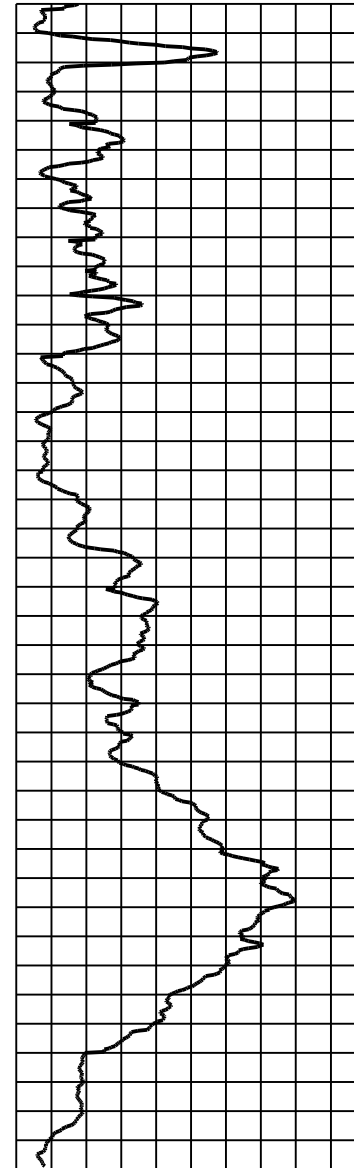
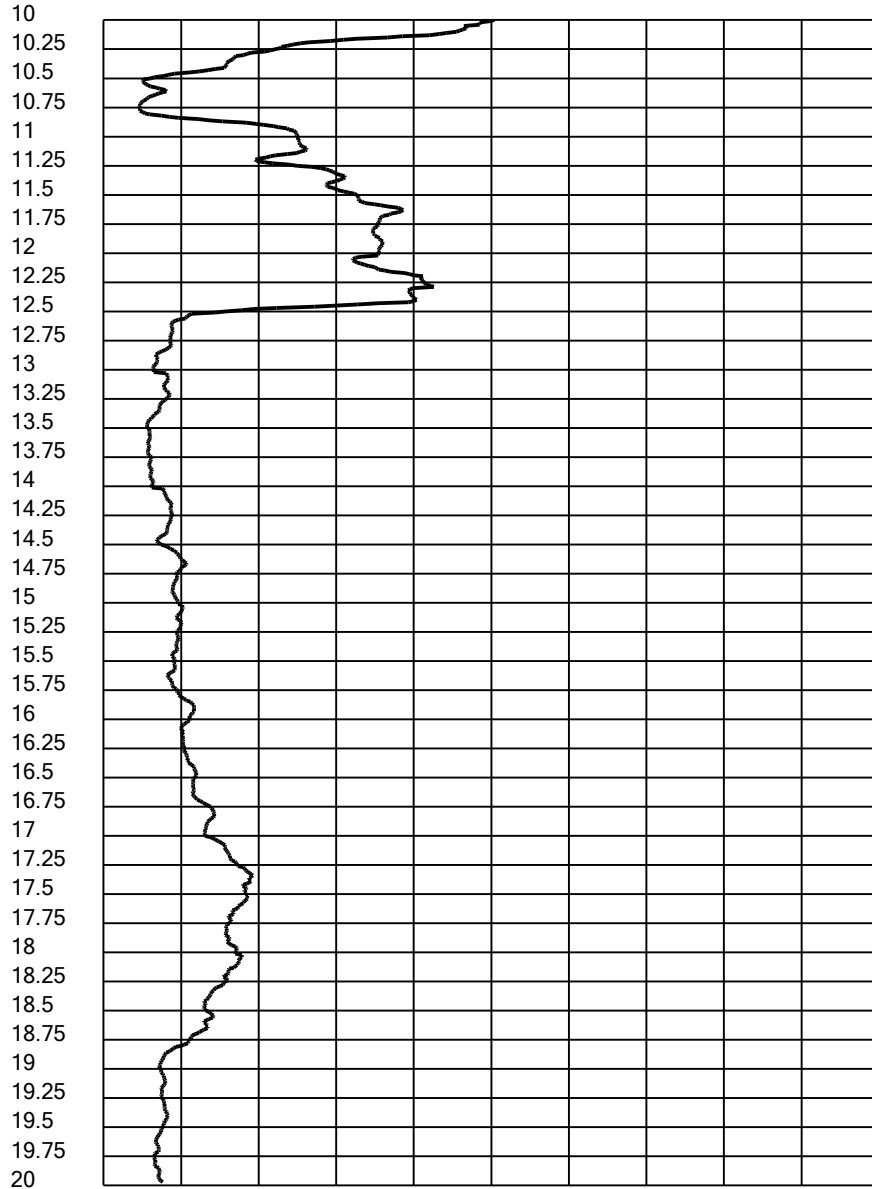




Qc [MPa]  
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

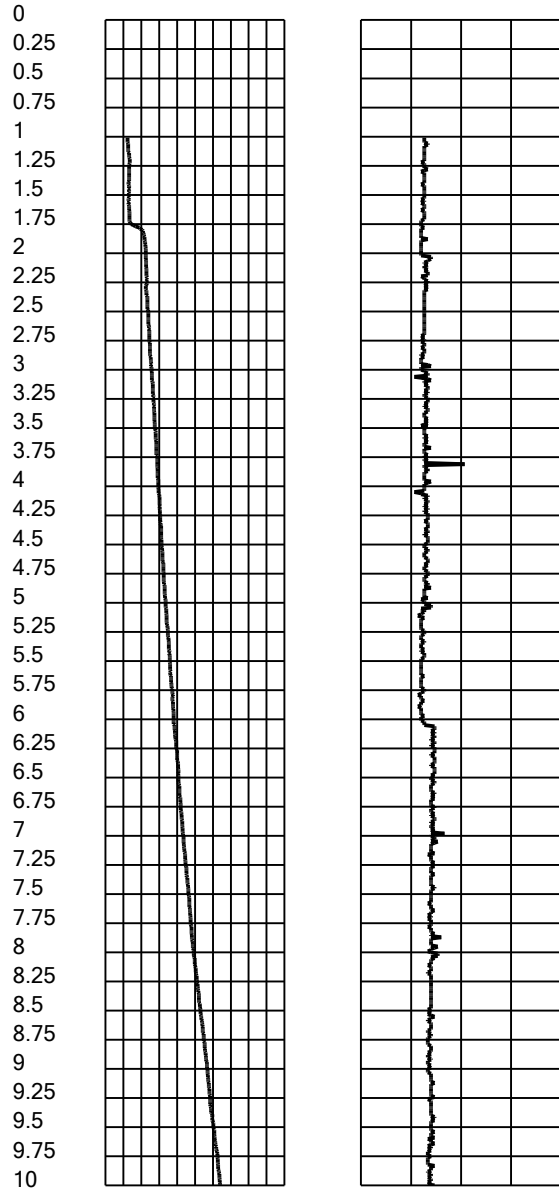
Fs [KPa]  
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14



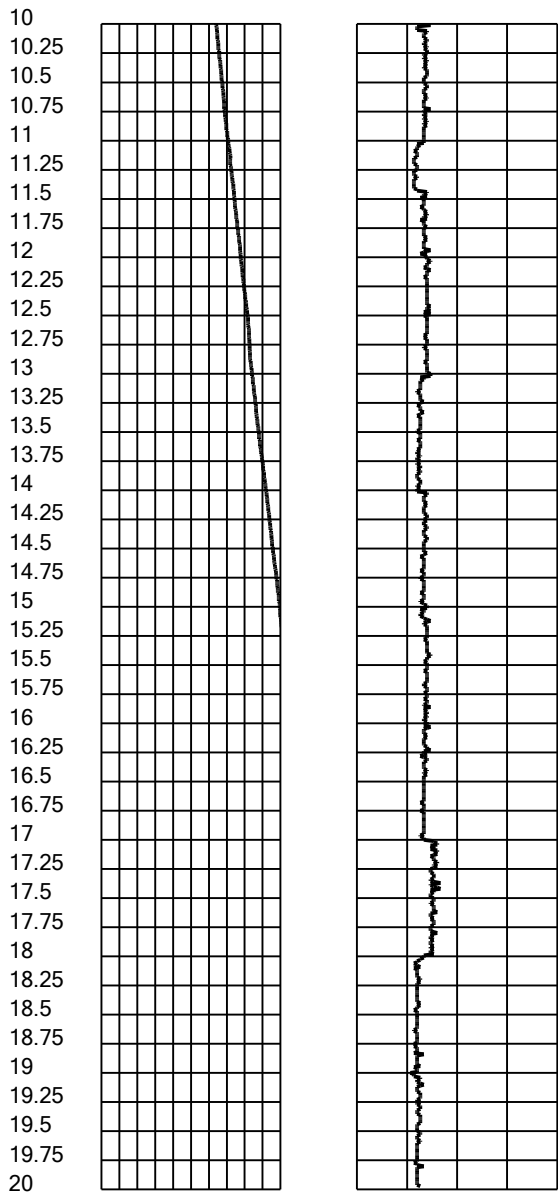


Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 26/10/2023 08:44:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ´ GG

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Piano Arenile RIMINI

Date: 25/10/2023

Commissioner: Merli Alessandro

Locality:

## Test information

Name: ÔÚVÒ´ GG

Location:

Date: 26/10/2023 08:44:00

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 150

Hydrostatic line [cm]: 190

Ground level [cm]: 0

Latitude: 44.075901

Longitude: 12.575050

Operator:

Comments:

Probe code: Mks728

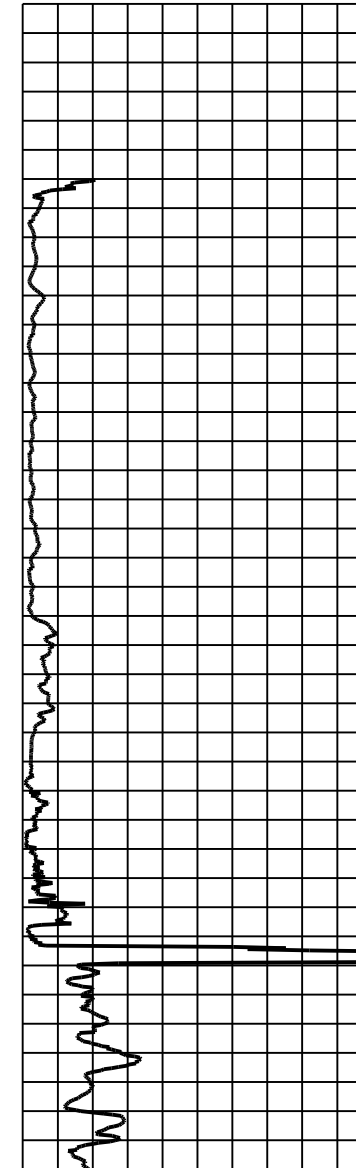
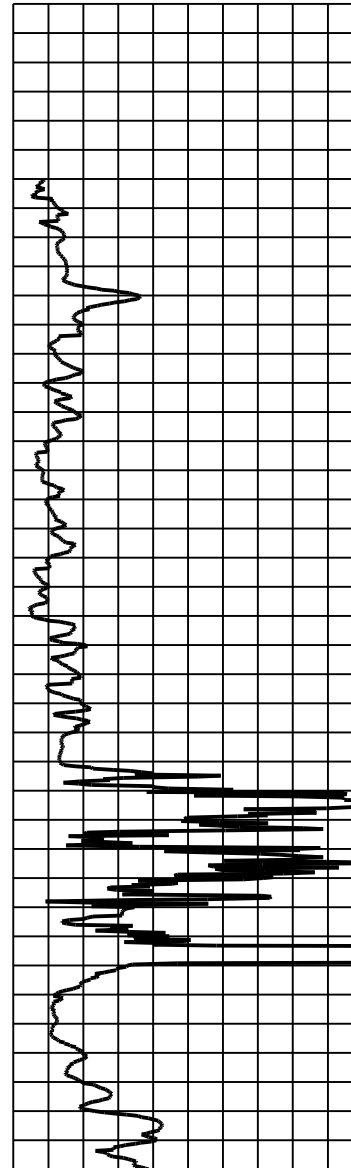
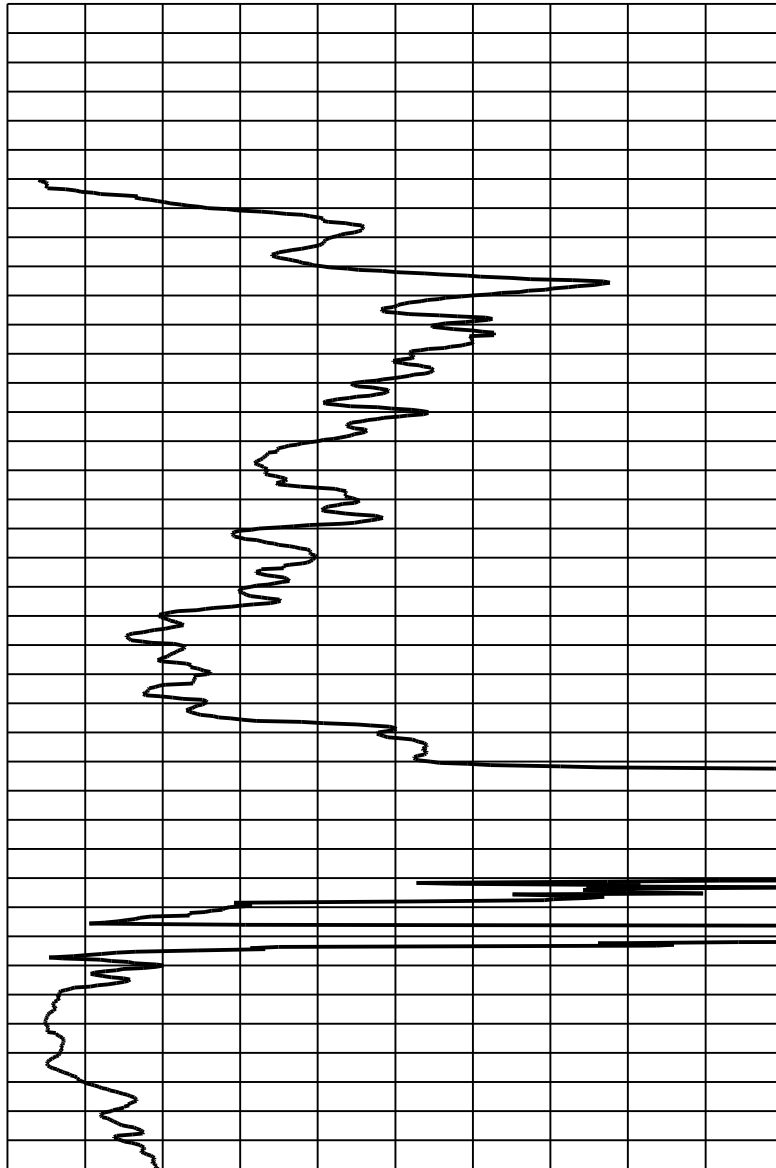


Qc [MPa]  
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14

0  
0.25  
0.5  
0.75  
1  
1.25  
1.5  
1.75  
2  
2.25  
2.5  
2.75  
3  
3.25  
3.5  
3.75  
4  
4.25  
4.5  
4.75  
5  
5.25  
5.5  
5.75  
6  
6.25  
6.5  
6.75  
7  
7.25  
7.5  
7.75  
8  
8.25  
8.5  
8.75  
9  
9.25  
9.5  
9.75  
10



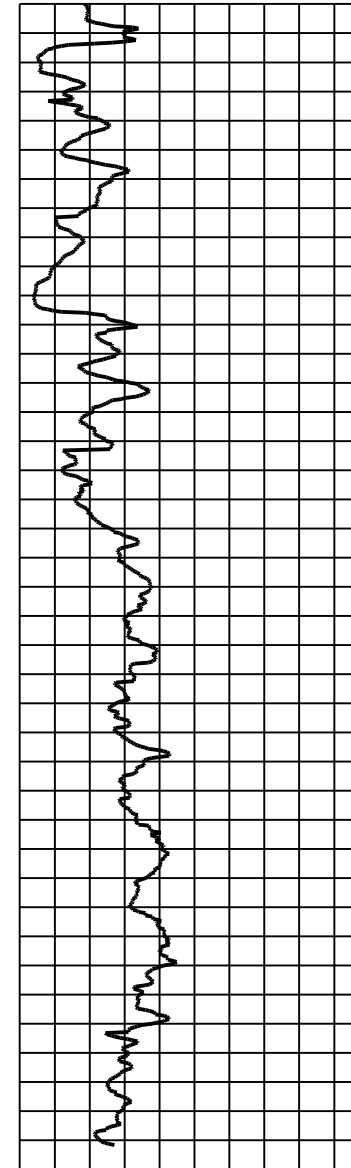
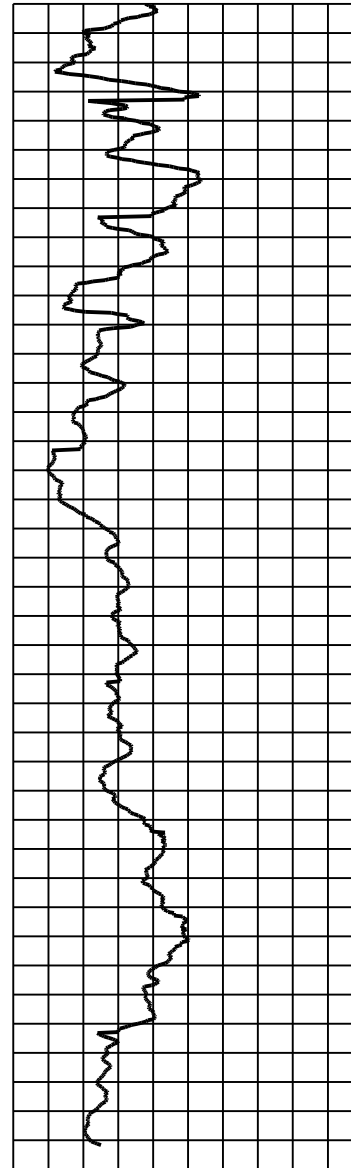
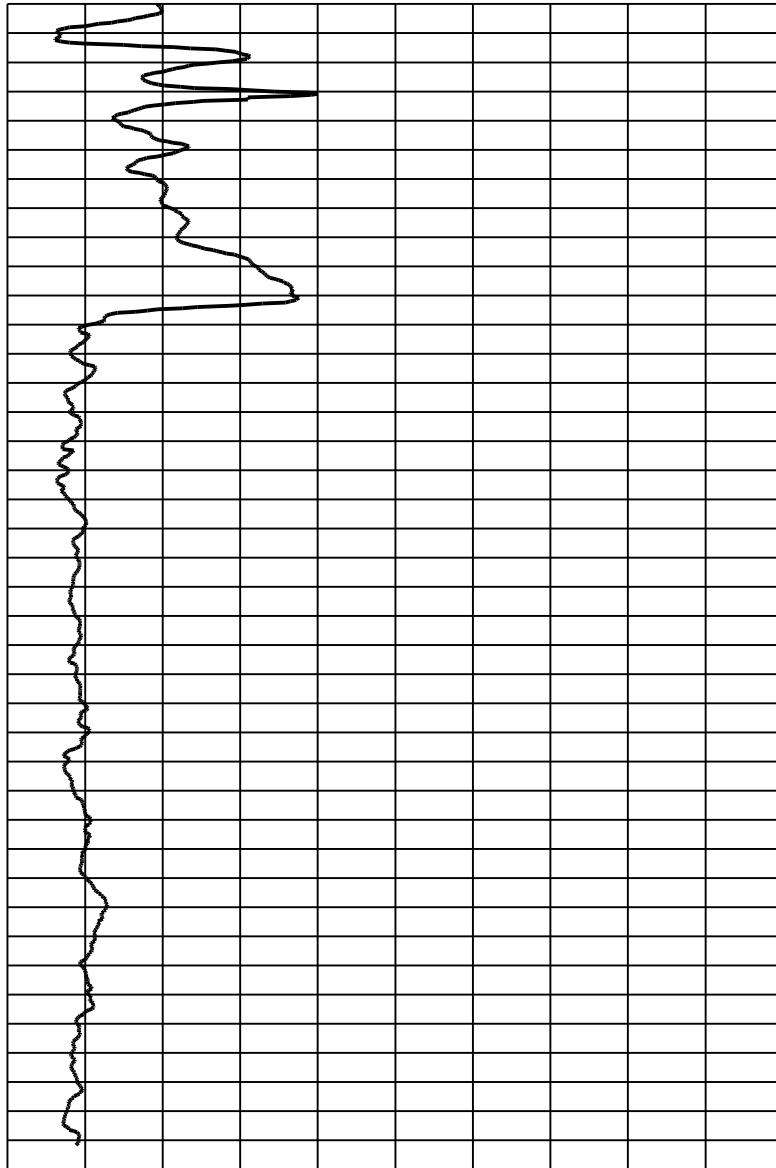


Qc [MPa]  
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

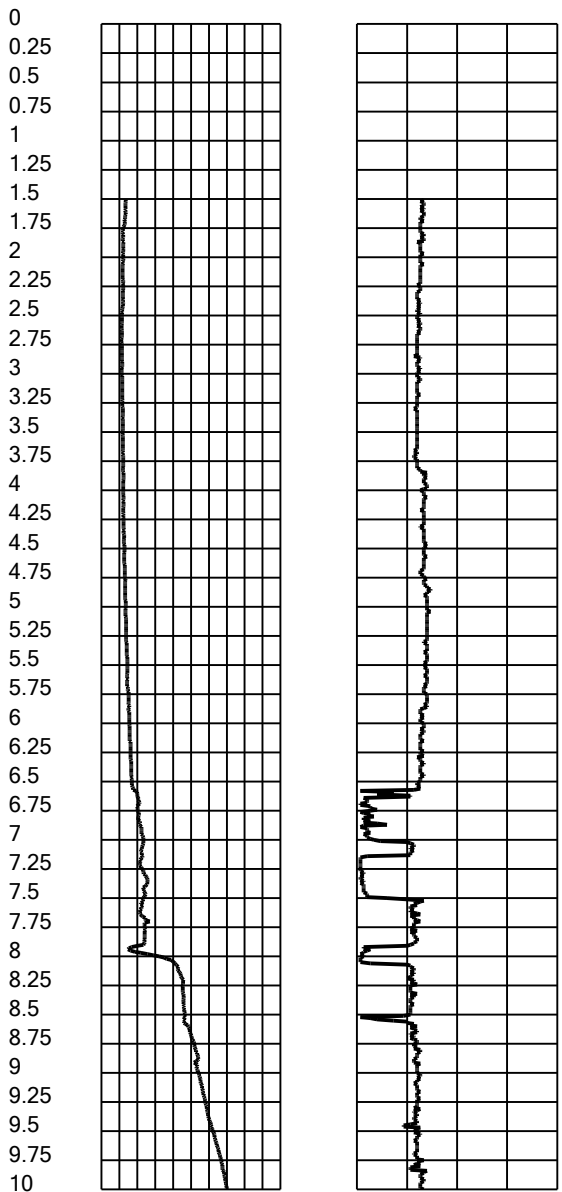
Rf [%]  
0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14

10  
10.25  
10.5  
10.75  
11  
11.25  
11.5  
11.75  
12  
12.25  
12.5  
12.75  
13  
13.25  
13.5  
13.75  
14  
14.25  
14.5  
14.75  
15  
15.25  
15.5  
15.75  
16  
16.25  
16.5  
16.75  
17  
17.25  
17.5  
17.75  
18  
18.25  
18.5  
18.75  
19  
19.25  
19.5  
19.75  
20





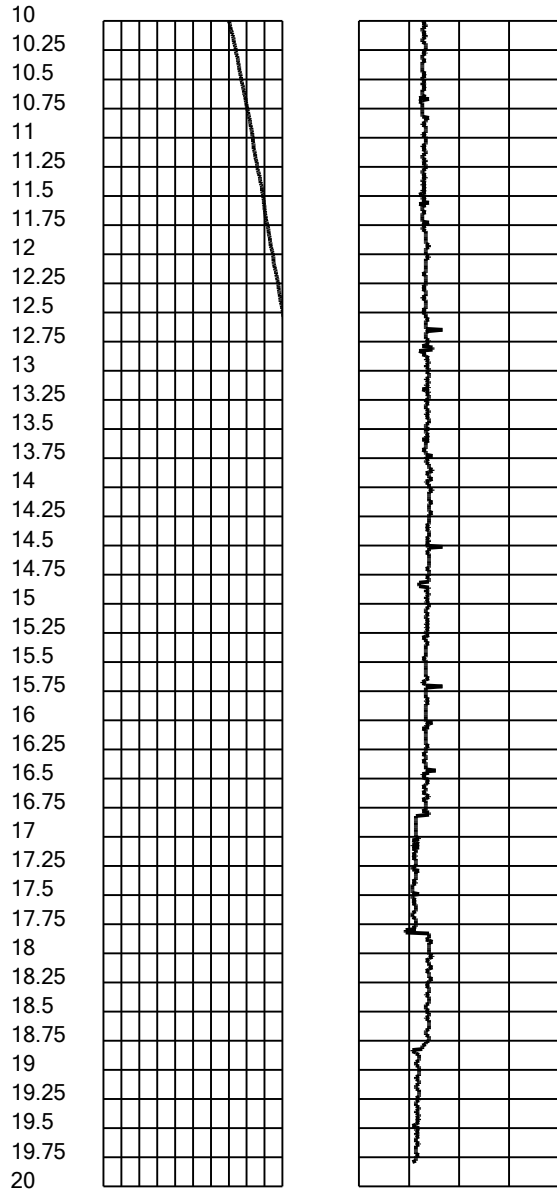
Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 0.25 0.5 0.75 1 1.25 1.5 1.75 2 2.25 2.5 2.75 3 3.25 3.5 3.75 4 4.25 4.5 4.75 5 5.25 5.5 5.75 6 6.25 6.5 6.75 7 7.25 7.5 7.75 8 8.25 8.5 8.75 9 9.25 9.5 9.75 10







Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 26/10/2023 13:38:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ´ GH

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Piano Arenile RIMINI

Date: 25/10/2023

Commissioner: Merli Alessandro

Locality:

## Test information

Name: ÔÚVÒ´ GH

Location:

Date: 26/10/2023 13:38:00

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 190

Ground level [cm]: 0

Latitude: 44.074086

Longitude: 12.576284

Operator:

Comments:

Probe code: Mks728

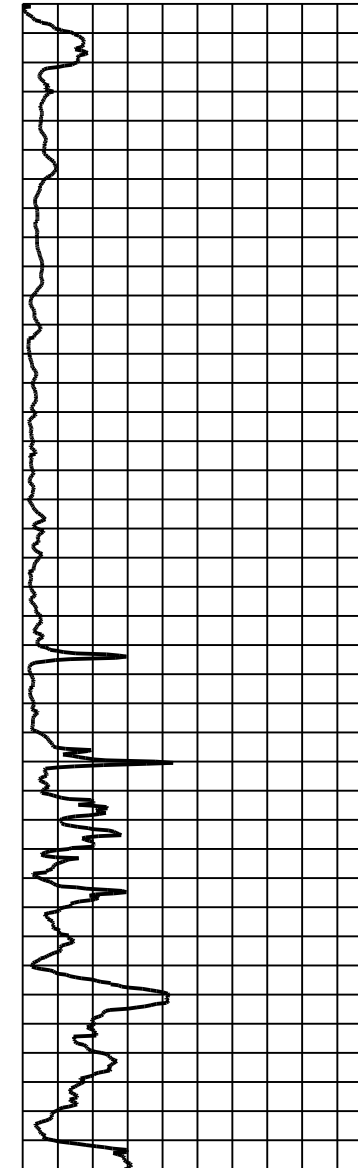
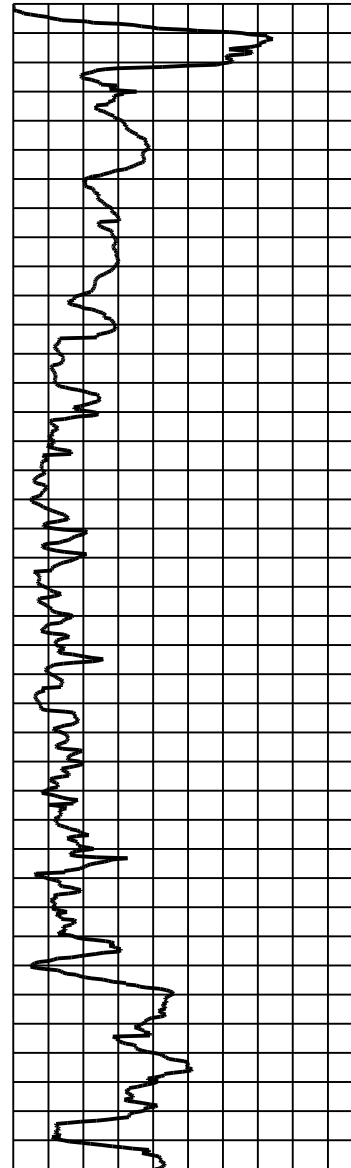
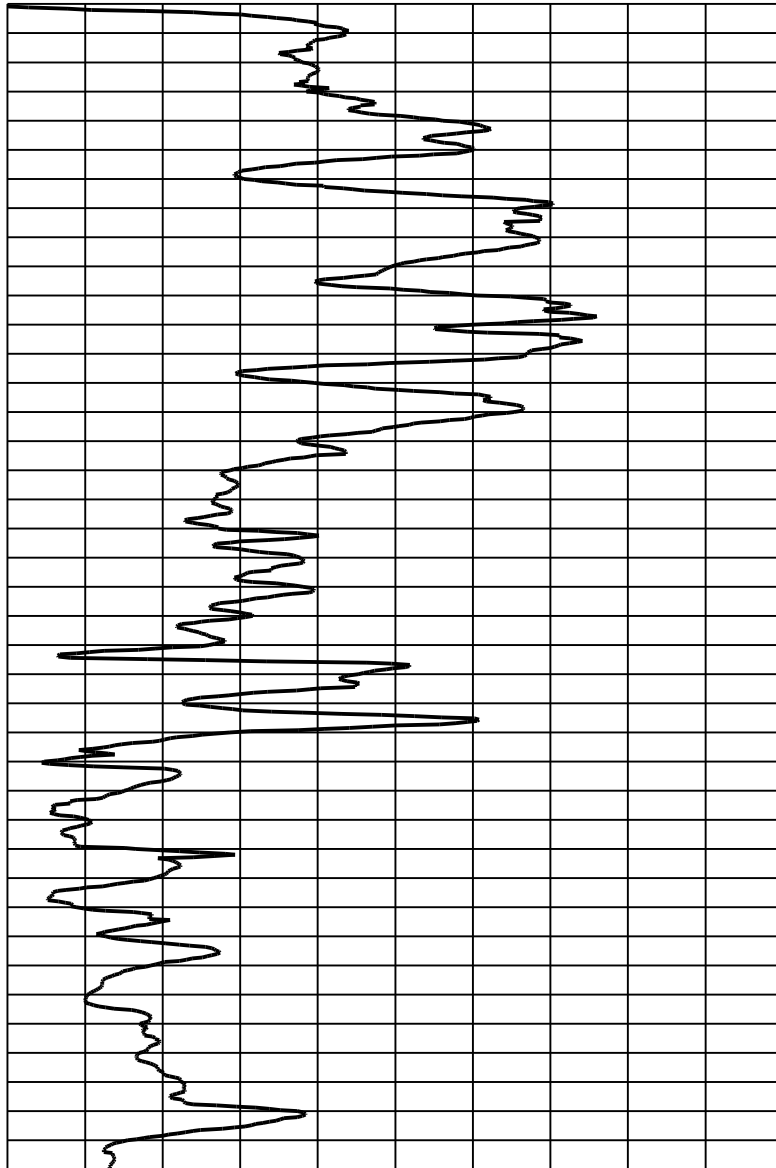


Qc [MPa]  
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14

0  
0.25  
0.5  
0.75  
1  
1.25  
1.5  
1.75  
2  
2.25  
2.5  
2.75  
3  
3.25  
3.5  
3.75  
4  
4.25  
4.5  
4.75  
5  
5.25  
5.5  
5.75  
6  
6.25  
6.5  
6.75  
7  
7.25  
7.5  
7.75  
8  
8.25  
8.5  
8.75  
9  
9.25  
9.5  
9.75  
10



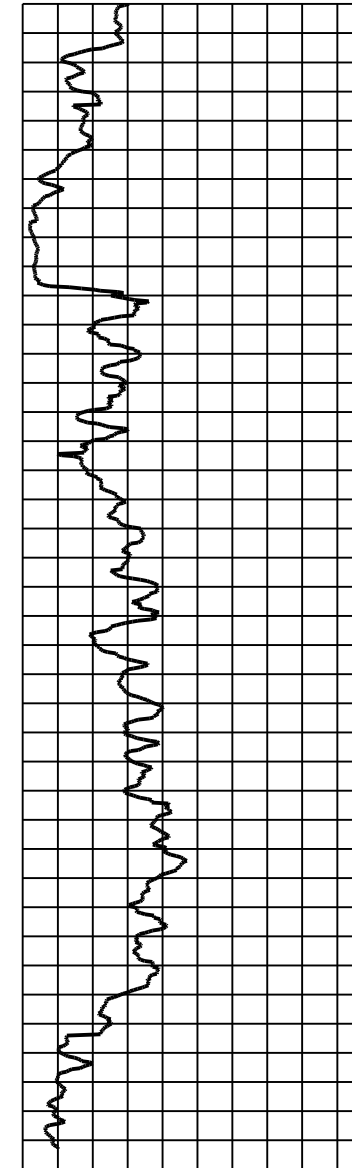
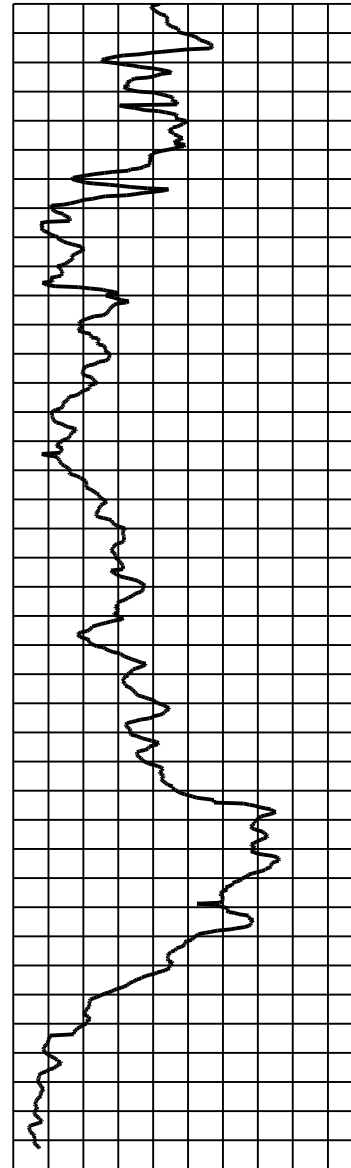
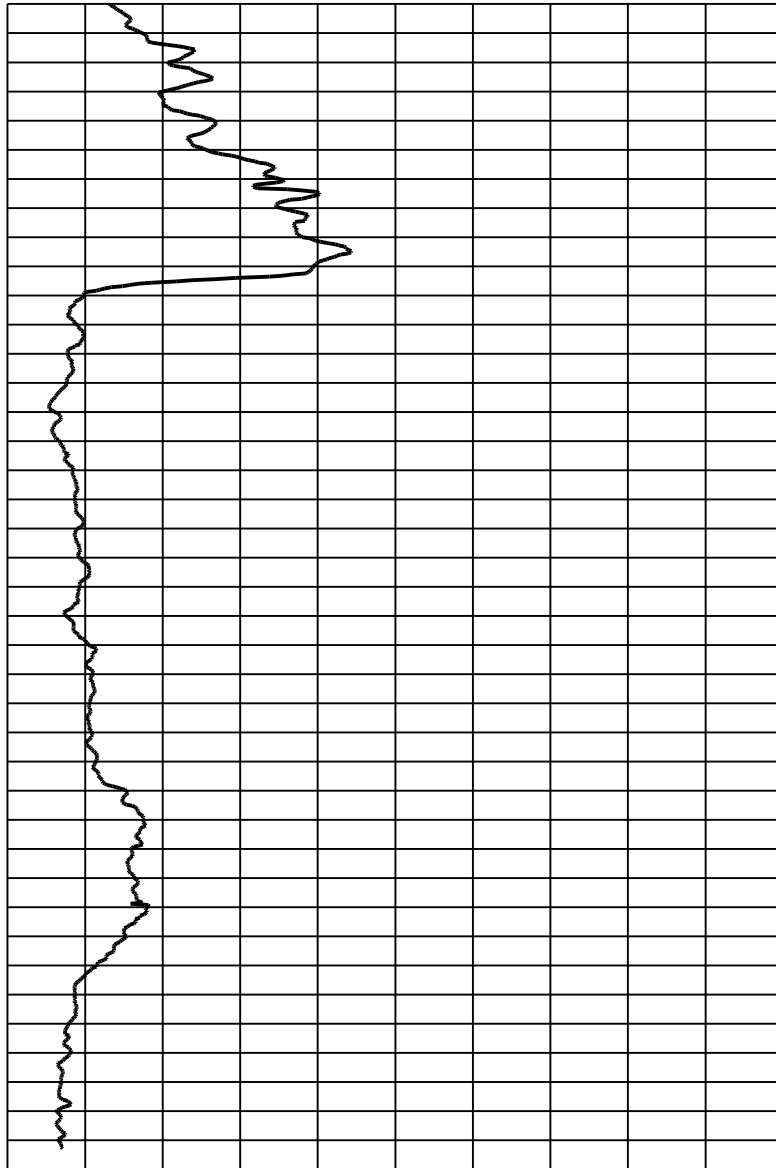


Qc [MPa]  
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14

10  
10.25  
10.5  
10.75  
11  
11.25  
11.5  
11.75  
12  
12.25  
12.5  
12.75  
13  
13.25  
13.5  
13.75  
14  
14.25  
14.5  
14.75  
15  
15.25  
15.5  
15.75  
16  
16.25  
16.5  
16.75  
17  
17.25  
17.5  
17.75  
18  
18.25  
18.5  
18.75  
19  
19.25  
19.5  
19.75  
20

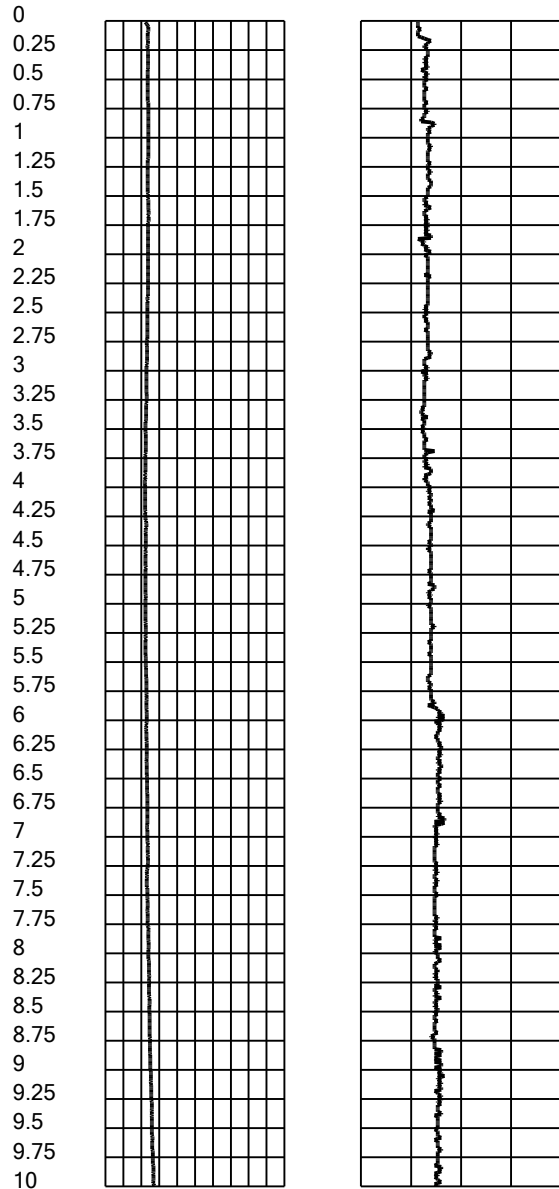




Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 26/10/2023 13:38:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ´ GH

Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6

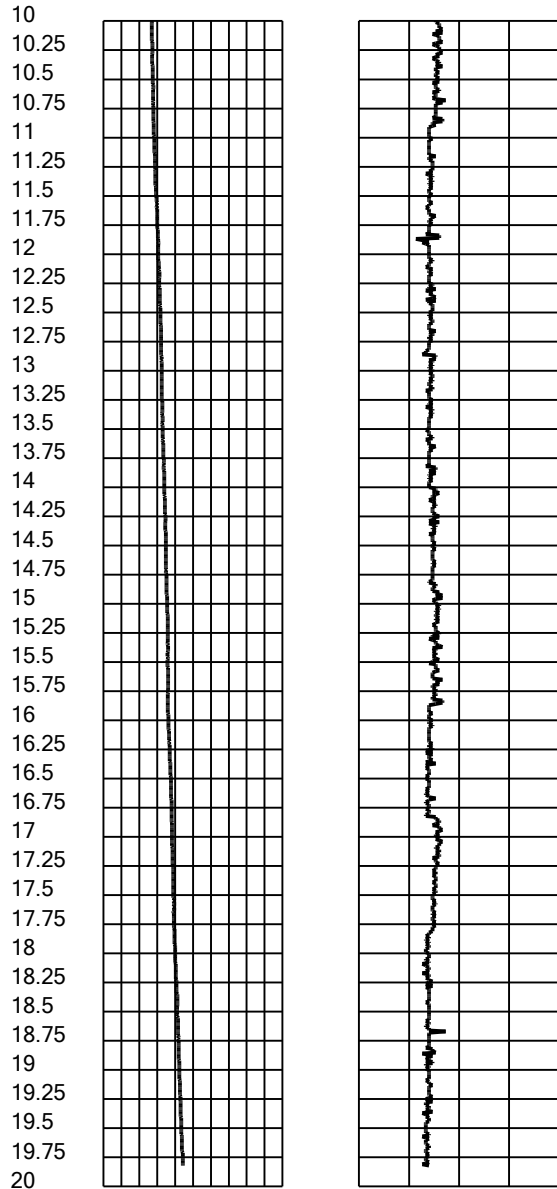




Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 26/10/2023 13:38:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ´ GH

Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 0.4 0.8 1.2 1.6 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 4.0 4.4 4.8 5.2 5.6 6.0



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 26/10/2023 10:27:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ` G

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Piano Arenile RIMINI

Date: 25/10/2023

Commissioner: Merli Alessandro

Locality:

## Test information

Name: ÔÚVÒ` G

Location:

Date: 26/10/2023 10:27:00

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 40

Hydrostatic line [cm]: 190

Ground level [cm]: 0

Latitude: 44.073363

Longitude: 12.577054

Operator:

Comments:

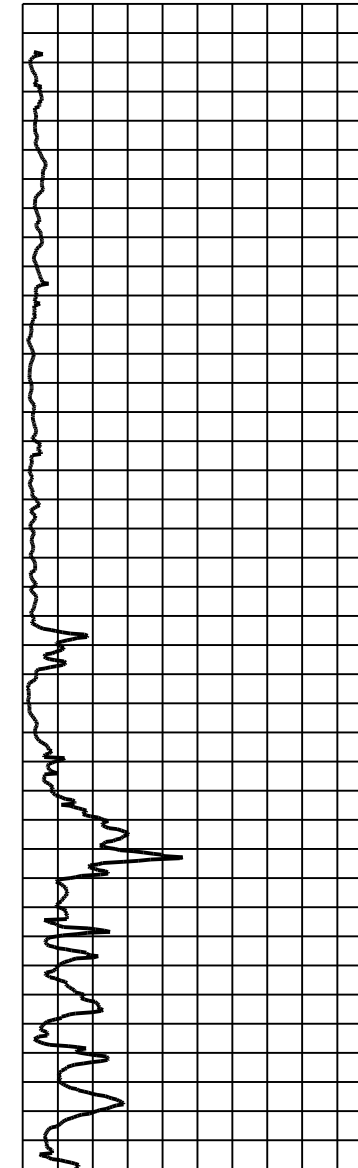
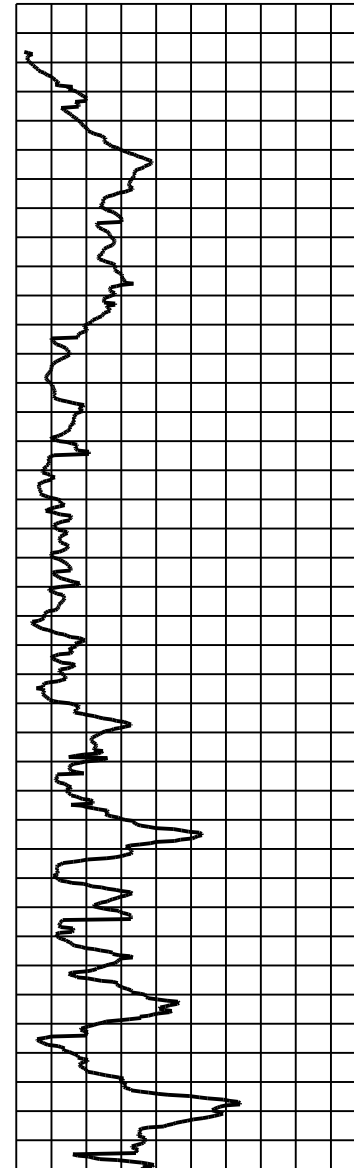
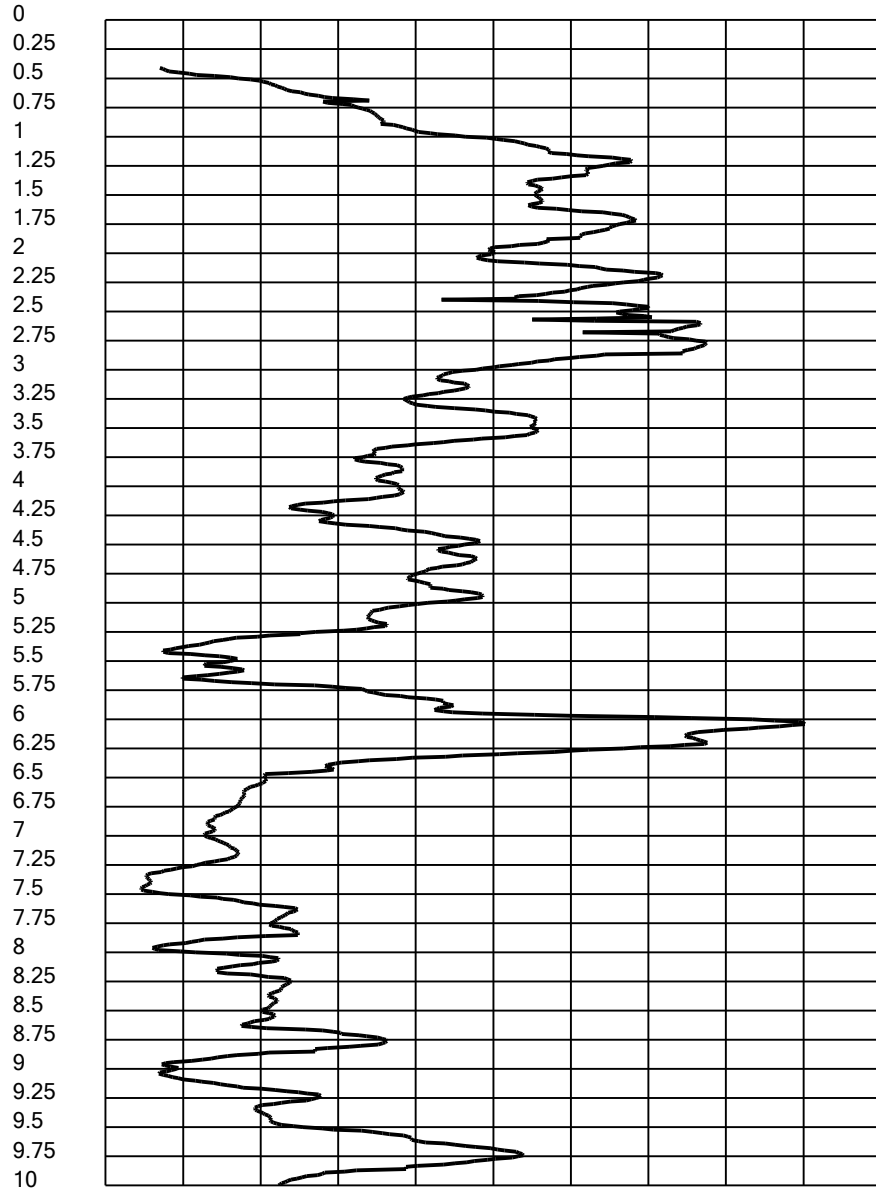
Probe code: Mks728



Qc [MPa]  
 0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
 0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
 0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14



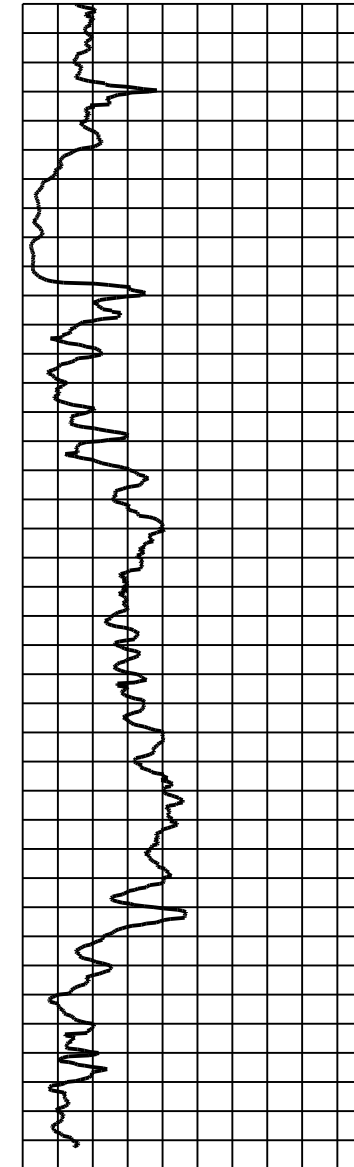
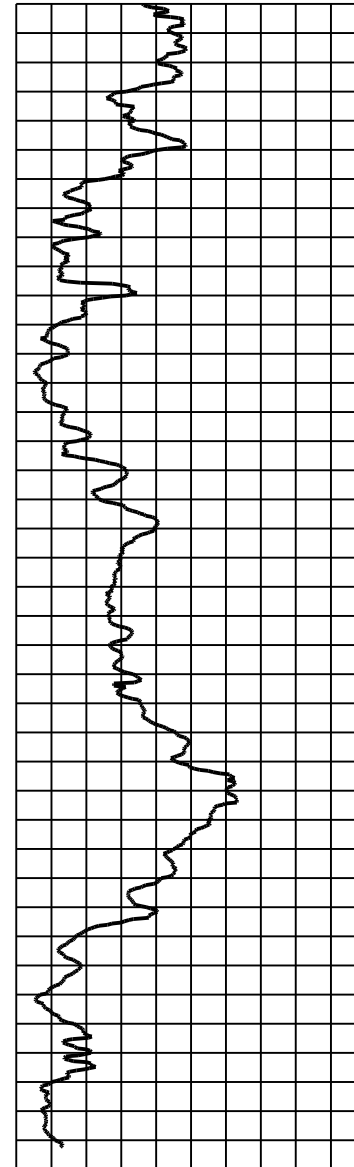
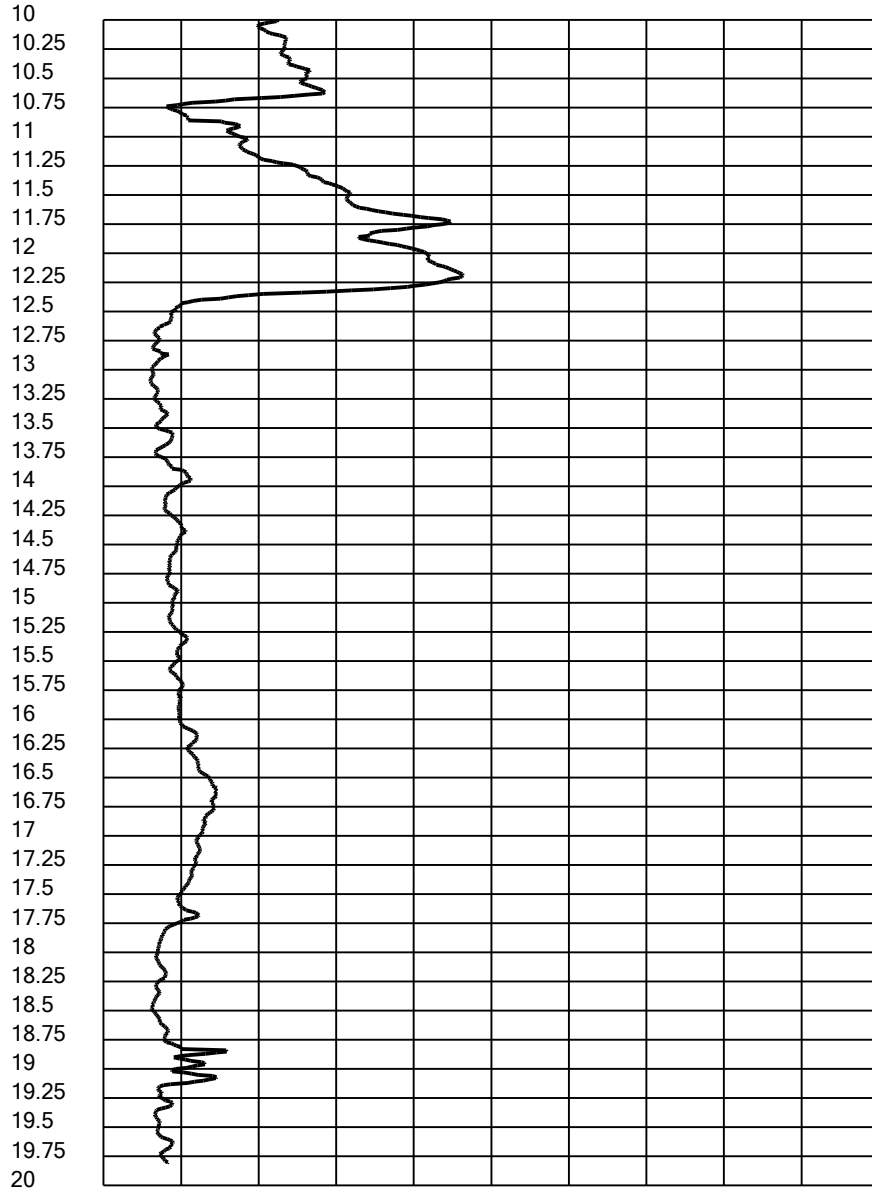




Qc [MPa]  
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14

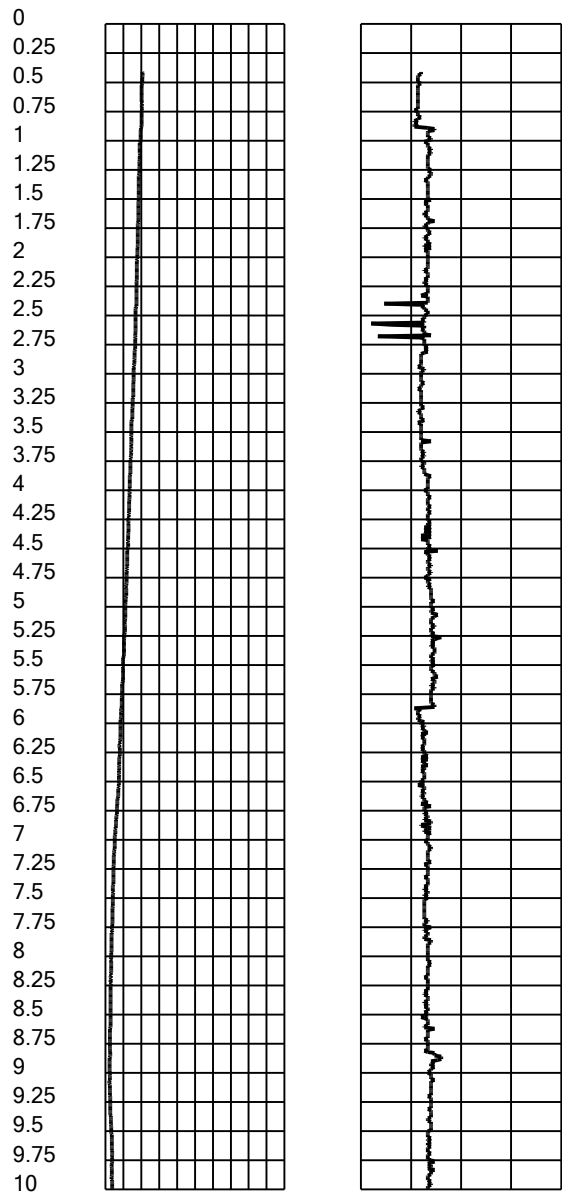




Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 26/10/2023 10:27:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ´ G

Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6

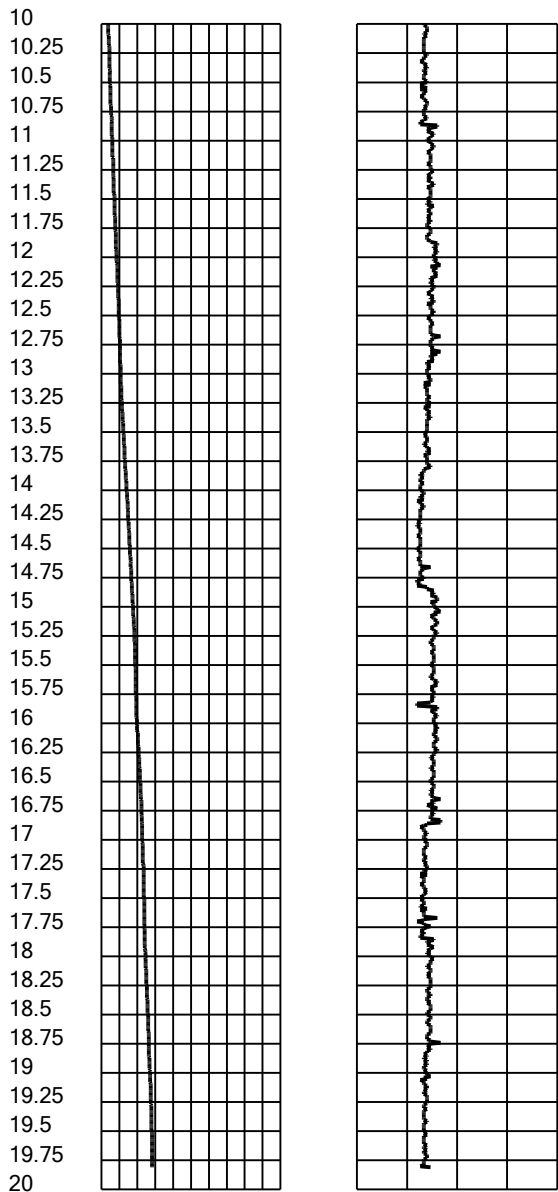




Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 26/10/2023 10:27:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ´ G

Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6



Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 26/10/2023 14:43:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ´ Ĝ

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Piano Arenile RIMINI

Date: 25/10/2023

Commissioner: Merli Alessandro

Locality:

## Test information

Name ÔÚVÒ´ Ĝ

Location:

Date: 26/10/2023 14:43:00

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 220

Ground level [cm]: 0

Latitude: 44.041088

Longitude: 12.610776

Operator:

Comments:

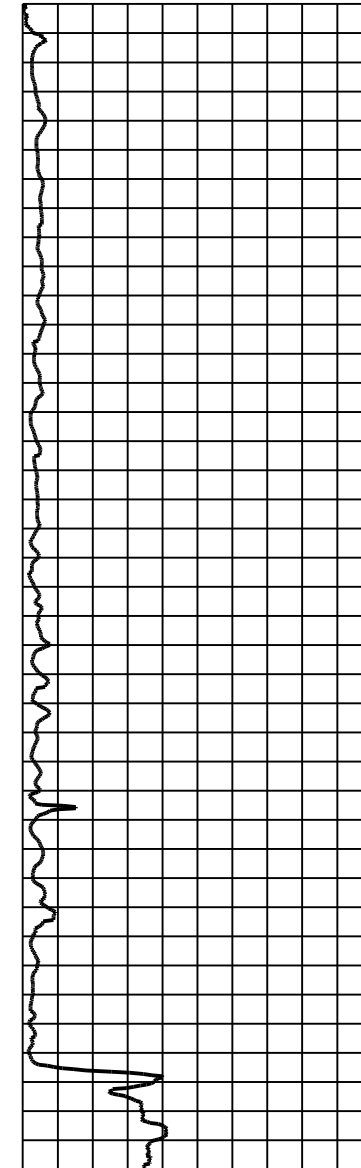
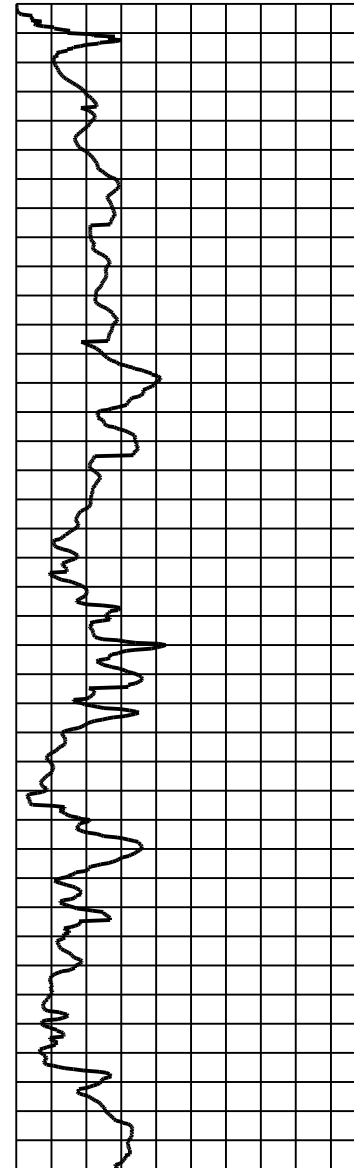
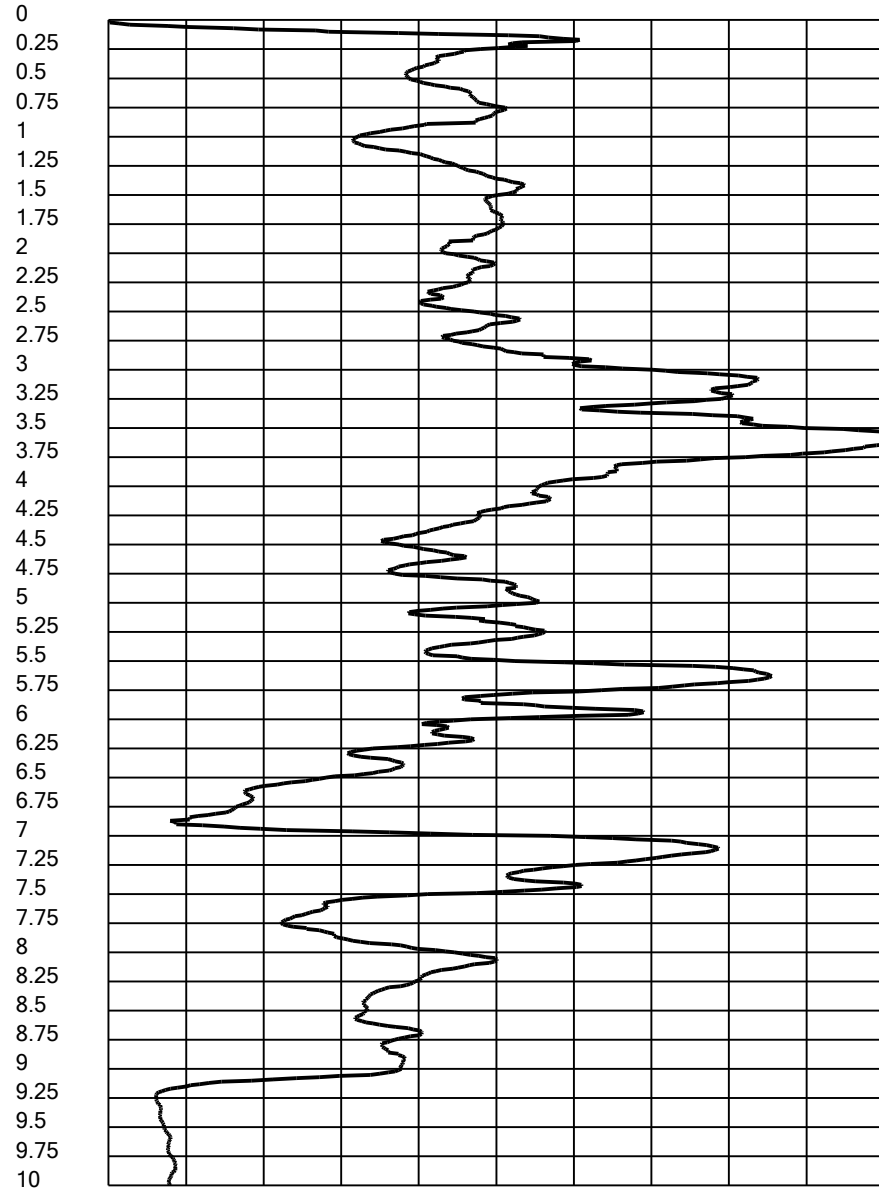
Probe code: Mks728



Qc [MPa]  
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14





Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 26/10/2023 14:43:00

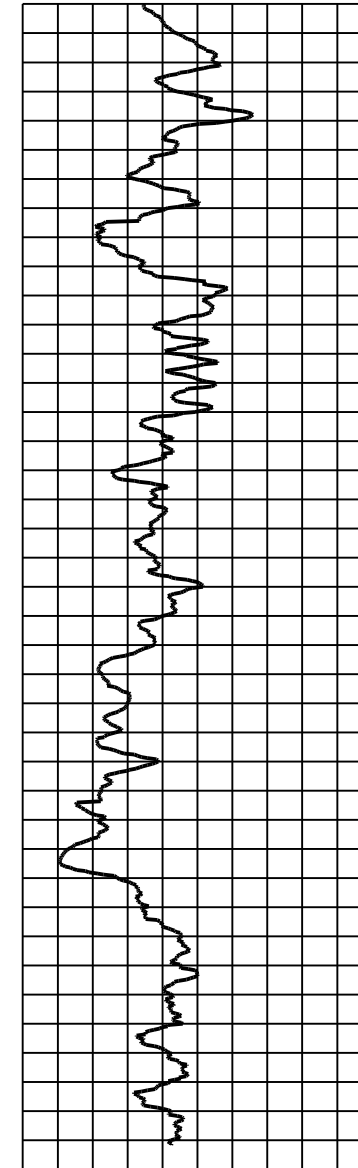
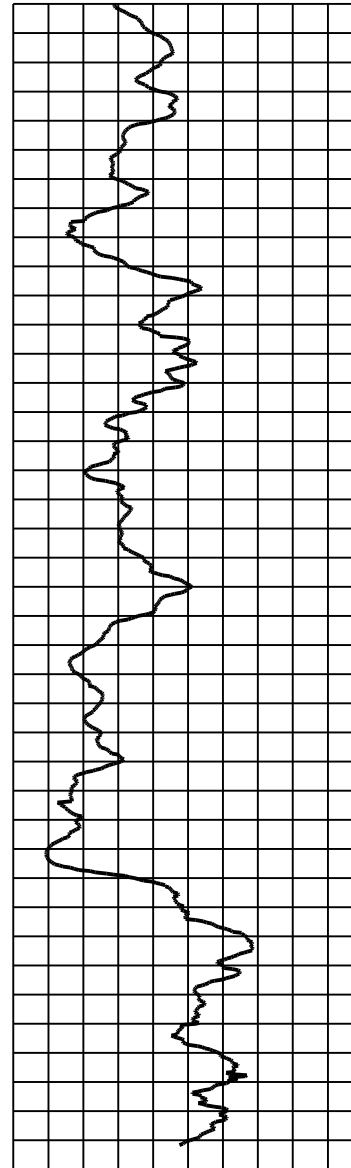
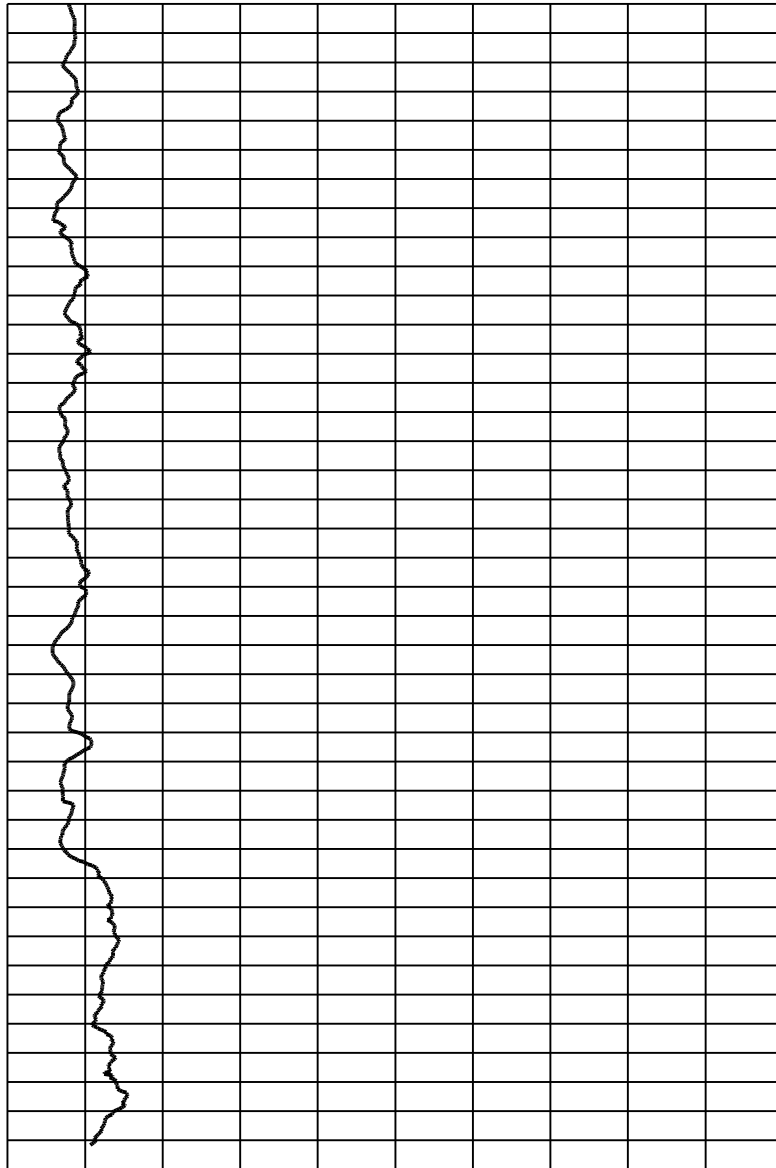
Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ´ Ĝ

Qc [MPa]  
 0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
 0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
 0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14

10  
10.25  
10.5  
10.75  
11  
11.25  
11.5  
11.75  
12  
12.25  
12.5  
12.75  
13  
13.25  
13.5  
13.75  
14  
14.25  
14.5  
14.75  
15  
15.25  
15.5  
15.75  
16  
16.25  
16.5  
16.75  
17  
17.25  
17.5  
17.75  
18  
18.25  
18.5  
18.75  
19  
19.25  
19.5  
19.75  
20

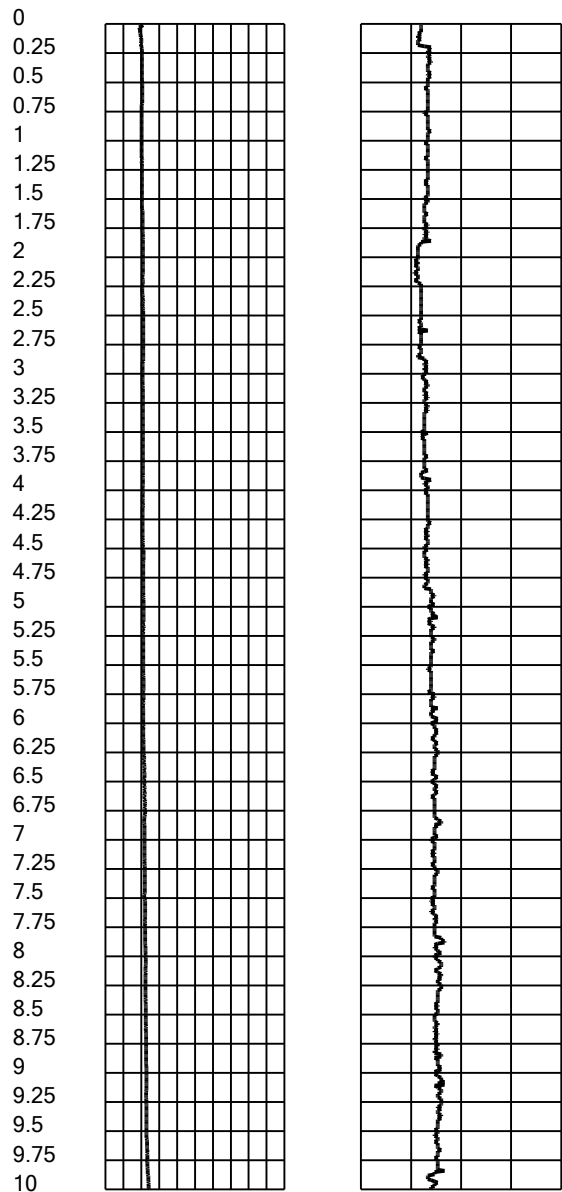




Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 26/10/2023 14:43:00

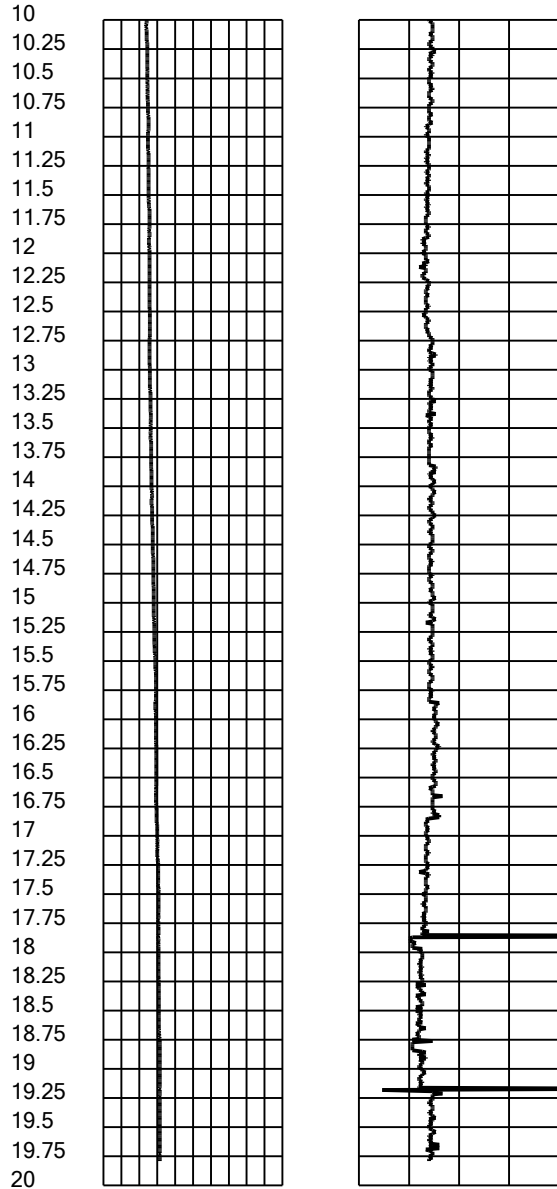
Site: Piano Arenile RIMINI - Test: ÔÚVÒ´ Í

Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6  
0 0.4 0.8 1.2 1.6 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 4.0 4.4 4.8 5.2 5.6 6.0





Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6





Intergeo srl



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 25/10/2023 09:04:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: SCPTE1

## Company information

Name: Intergeo srl

Address: Strada Acquasalata, 9

Zip code:

City: Serravalle

P.IVA: C.O.E: SM 21197

E-Mail: info@intergeosm.com

Phone number:

Fax number:

## Site information

Name: Piano Arenile RIMINI

Date: 25/10/2023

Commissioner: Merli Alessandro

Locality:

## Test information

Name: SCPTE1

Location:

Date: 25/10/2023 09:04:00

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 90

Hydrostatic line [cm]: 190

Ground level [cm]: 0

Latitude: 44.075173

Longitude: 12.575085

Operator:

Comments:

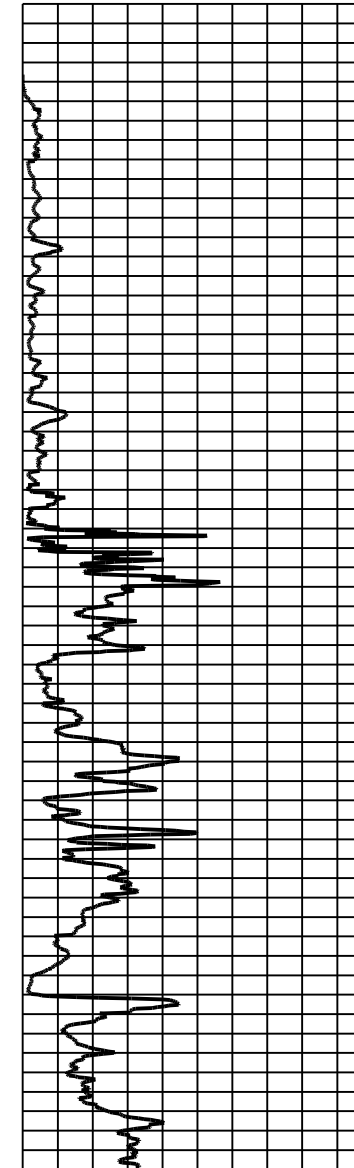
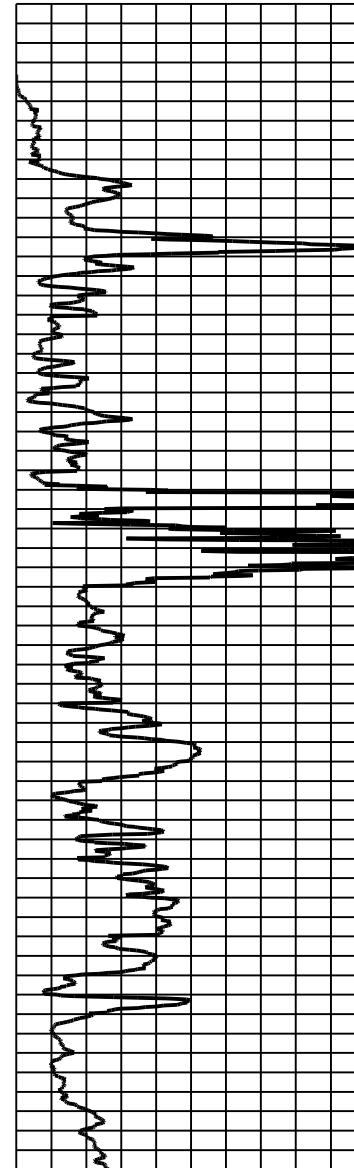
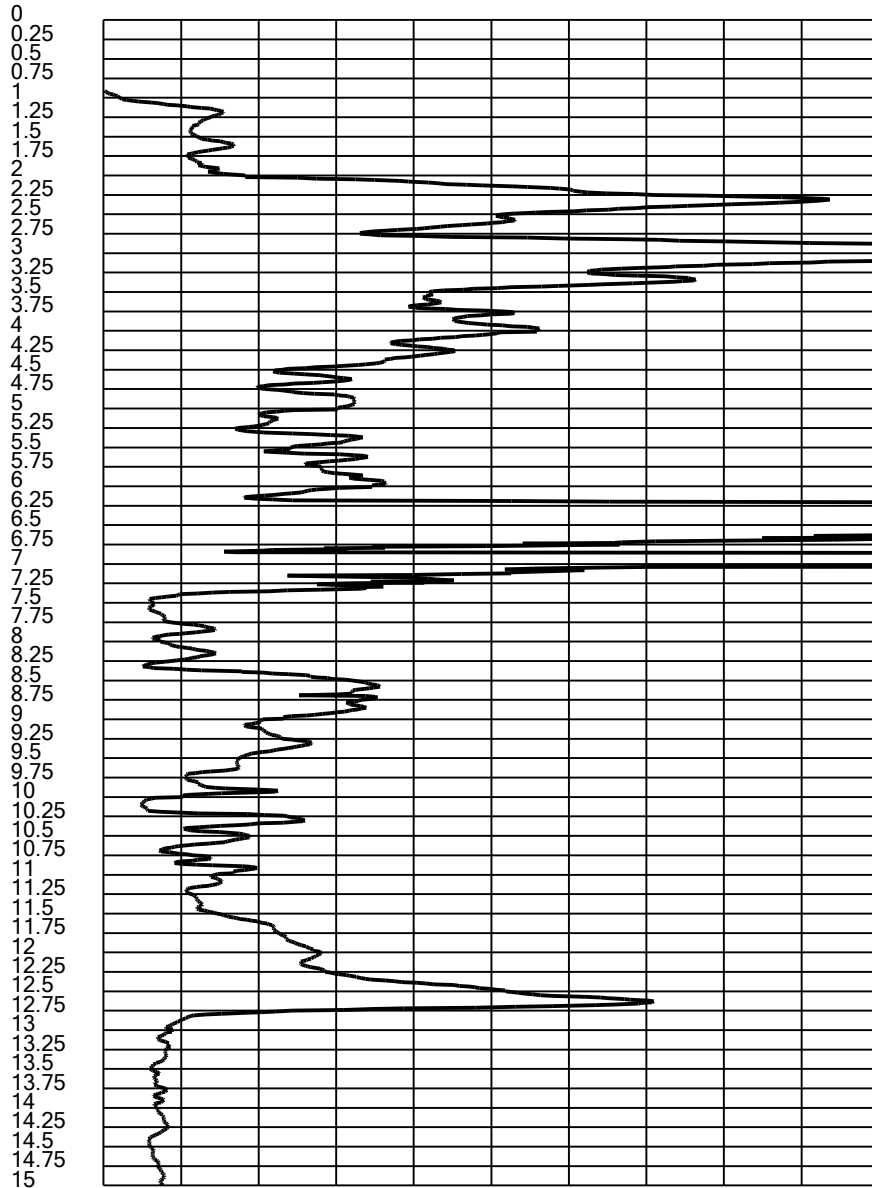
Probe code: Mks728



Qc [MPa]  
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14

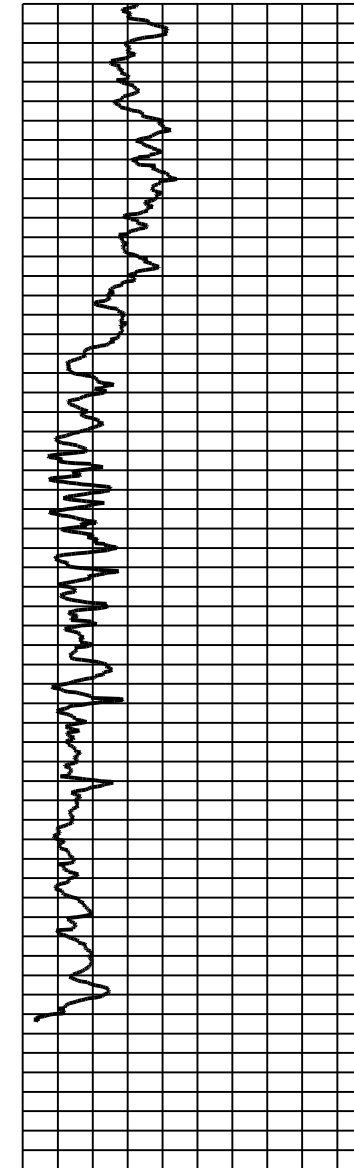
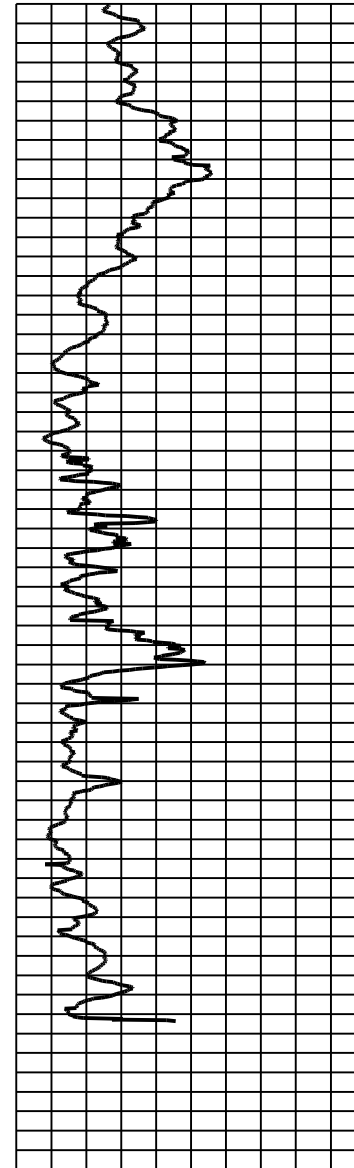
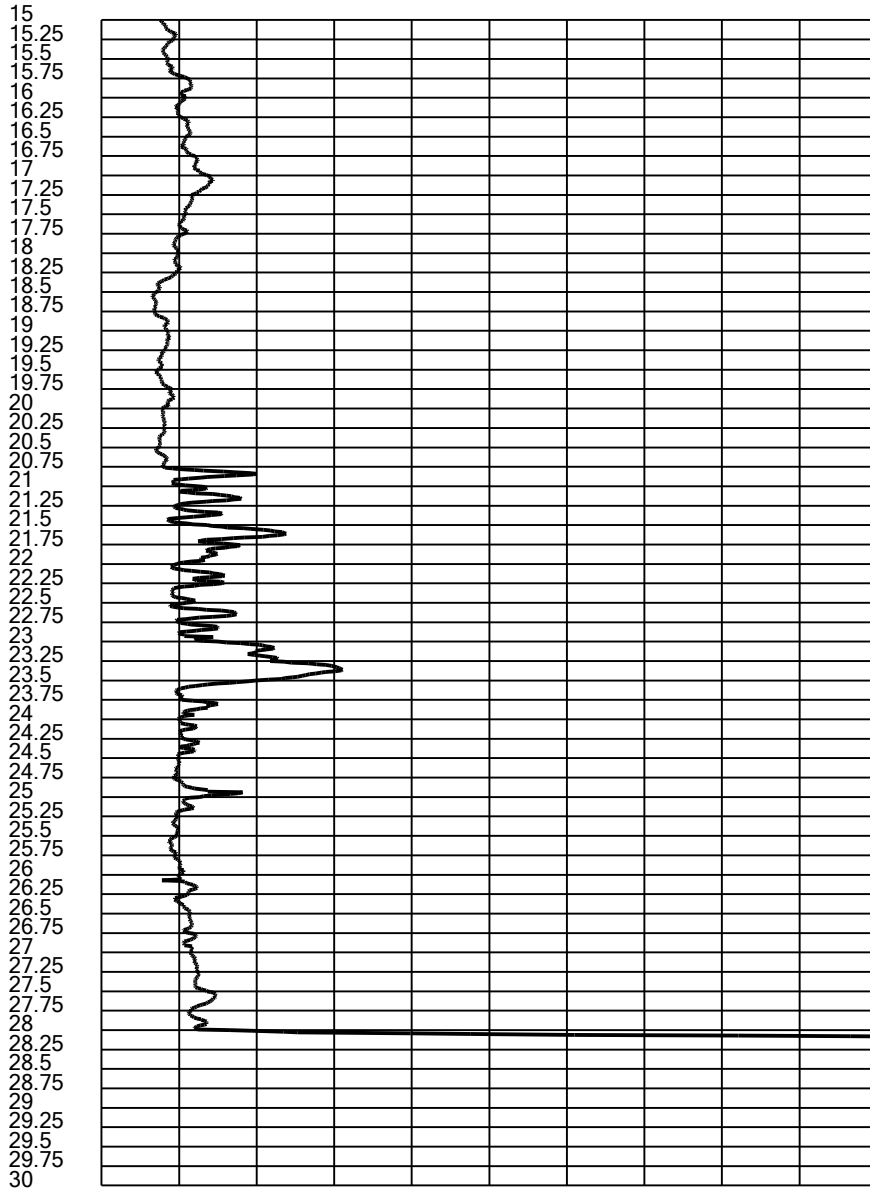




Qc [MPa]  
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15

Fs [KPa]  
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Rf [%]  
0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14



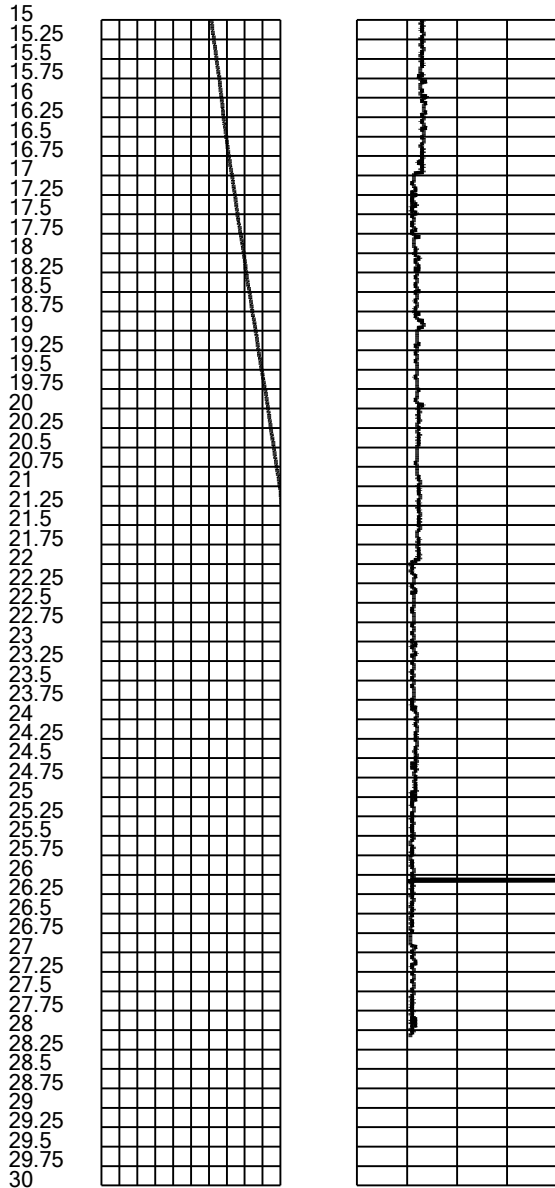




Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 25/10/2023 09:04:00

Site: Piano Arenile RIMINI - Test: SCPTE1

Tilt [°]      Speed [cm/sec]  
0 1.5 3 4.5 6



# **ALLEGATO N. 5**

**REPORT INDAGINI GEOFISICHE DI NUOVA  
REALIZZAZIONE**

## Piano Arenile\_HV\_01

Strumento: TRZ-0054/01-09

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 14/09/02 14:31:48 Fine registrazione: 14/09/02 14:51:49

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

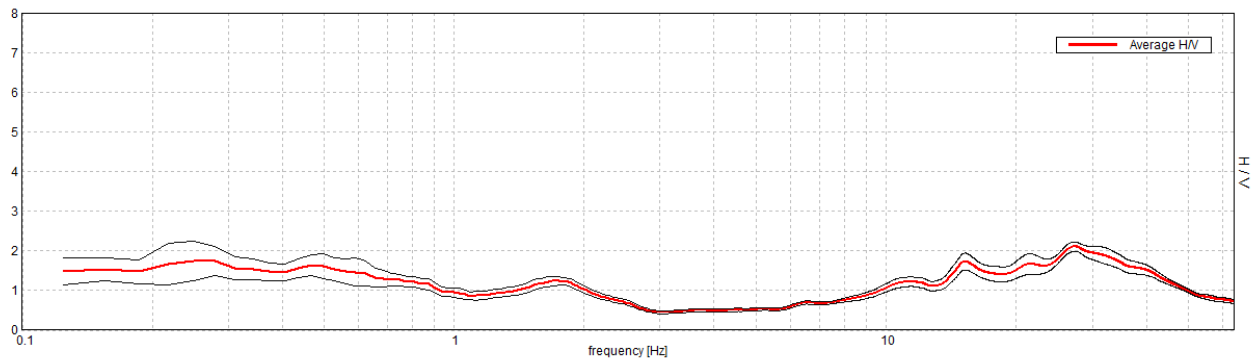
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

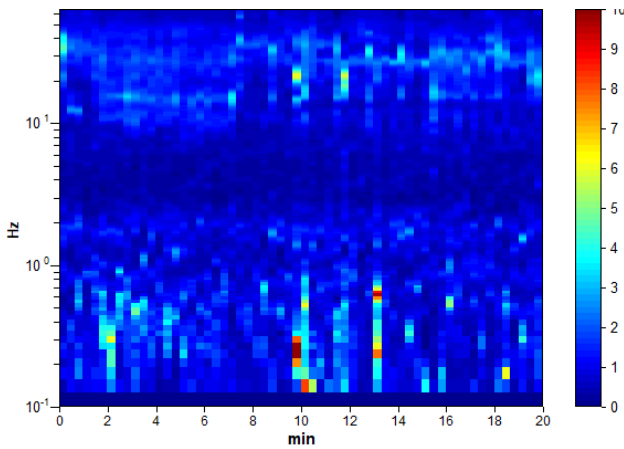
Lisciamento: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

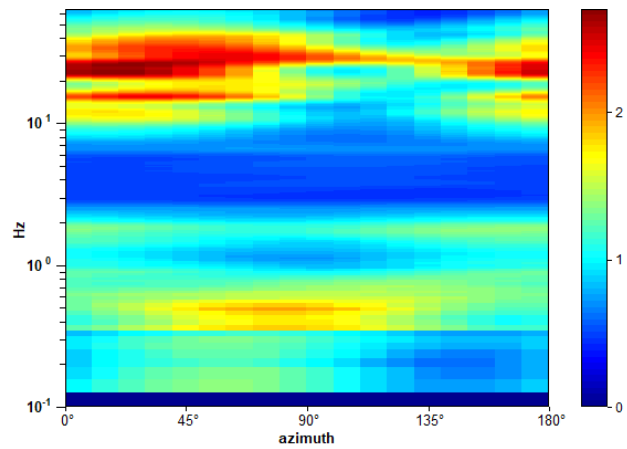
Picco H/V a  $27.38 \pm 16.55$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



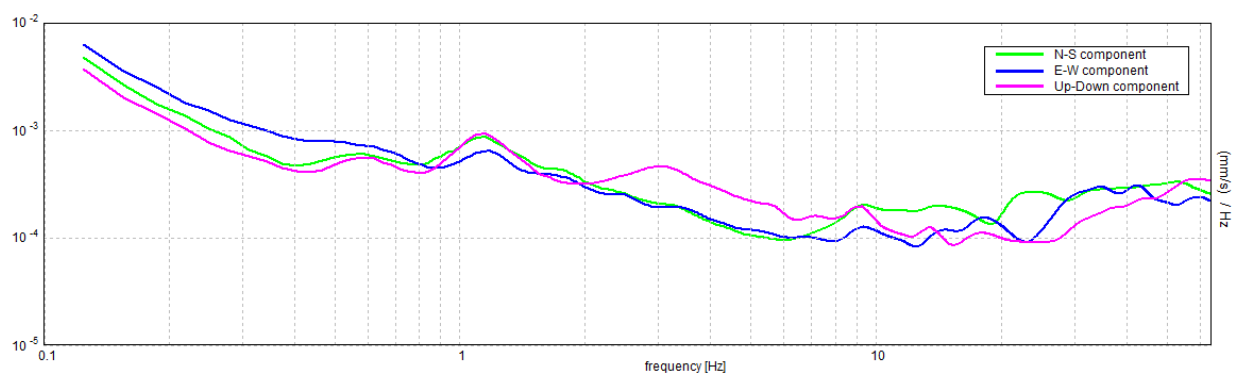
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Picco H/V a  $27.38 \pm 16.55$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$27.38 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$32850.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1315 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.938 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	48.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.11 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.6046  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$16.55094 < 1.36875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1164 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



## Piano Arenile\_HV\_02

Instrument: TRZ-0054/01-09

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 13/09/02 09:44:30 Fine registrazione: 13/09/02 10:04:31

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)

Freq. campionamento: 128 Hz

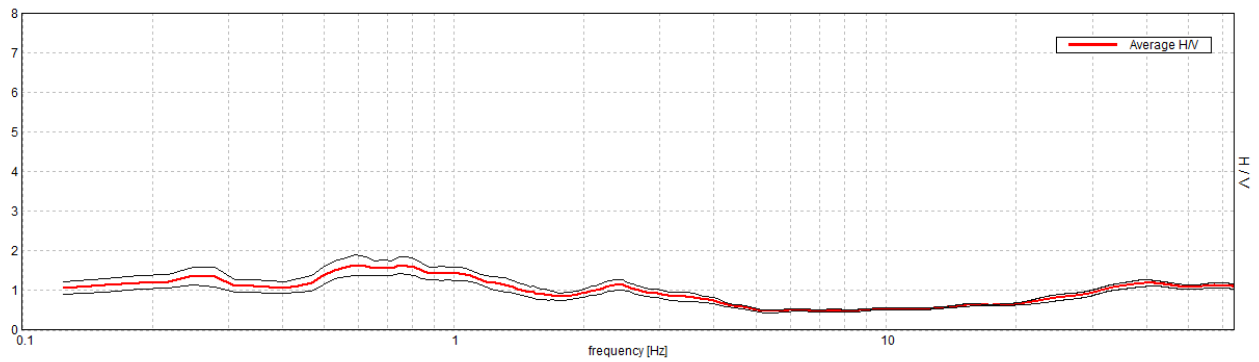
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

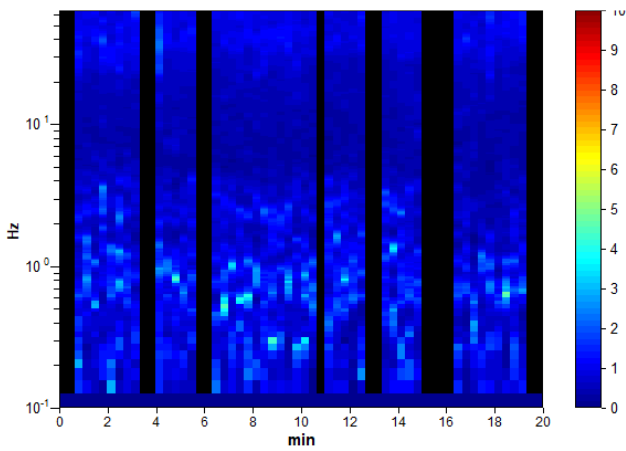
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

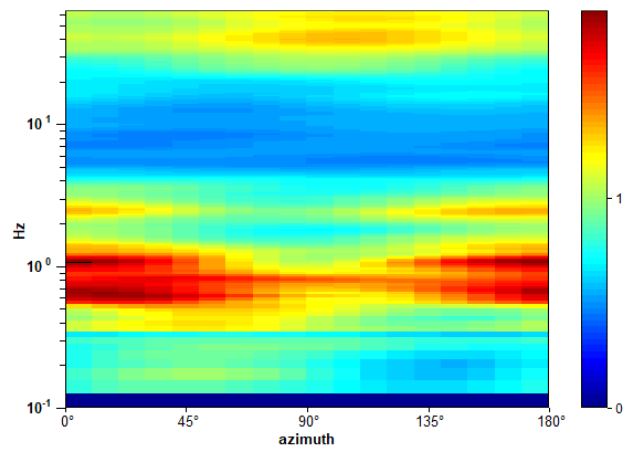
Max. H/V at 0.59 ± 0.2 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



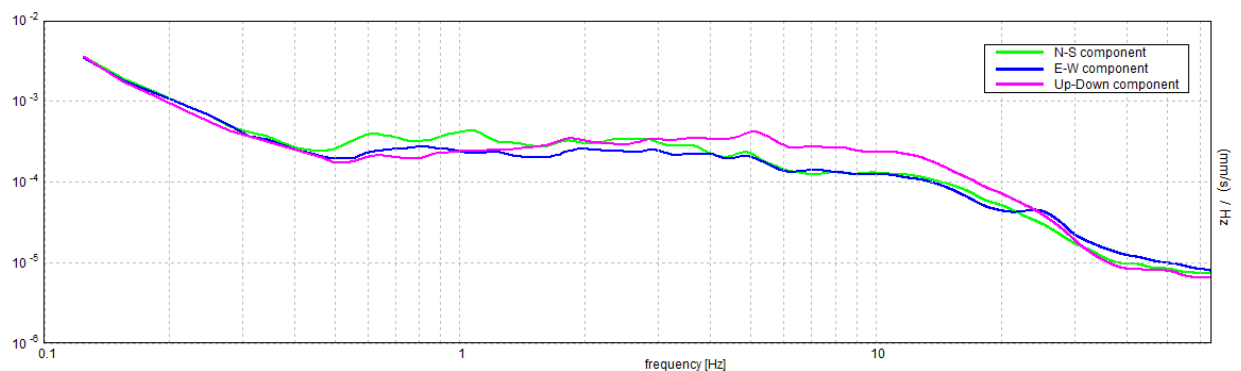
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.59 \pm 0.2$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.59 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$534.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 30 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.64 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.34397  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.20423 < 0.08906$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2549 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_03

Instrument: TRZ-0054/01-09

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 13/09/02 10:40:01 Fine registrazione: 13/09/02 11:00:02

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analyzed 83% trace (manual window selection)

Freq. campionamento: 128 Hz

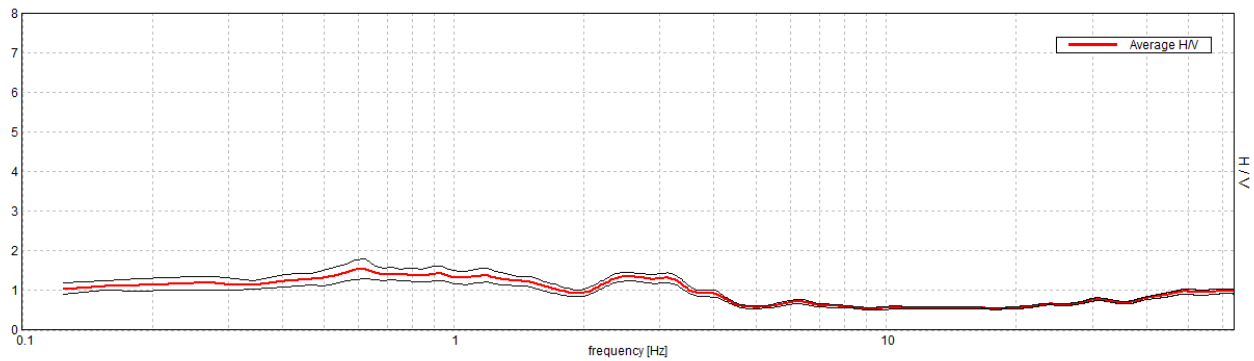
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

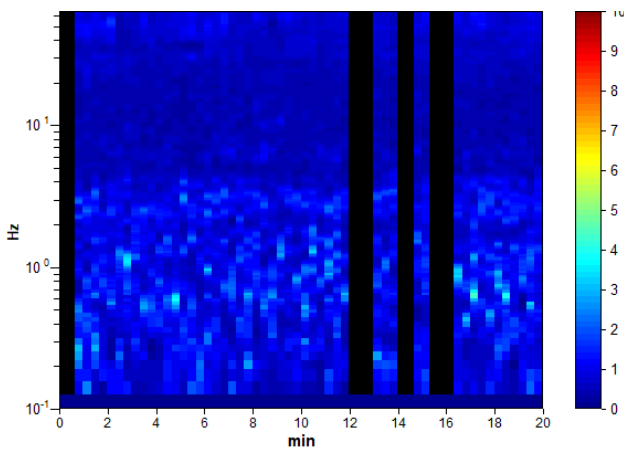
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

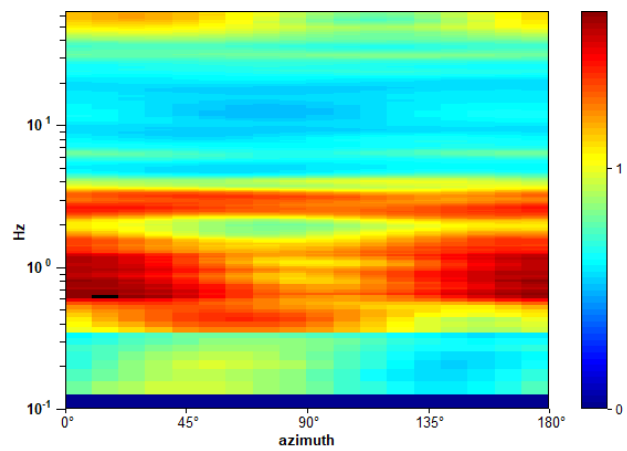
Max. H/V at  $0.63 \pm 0.21$  Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



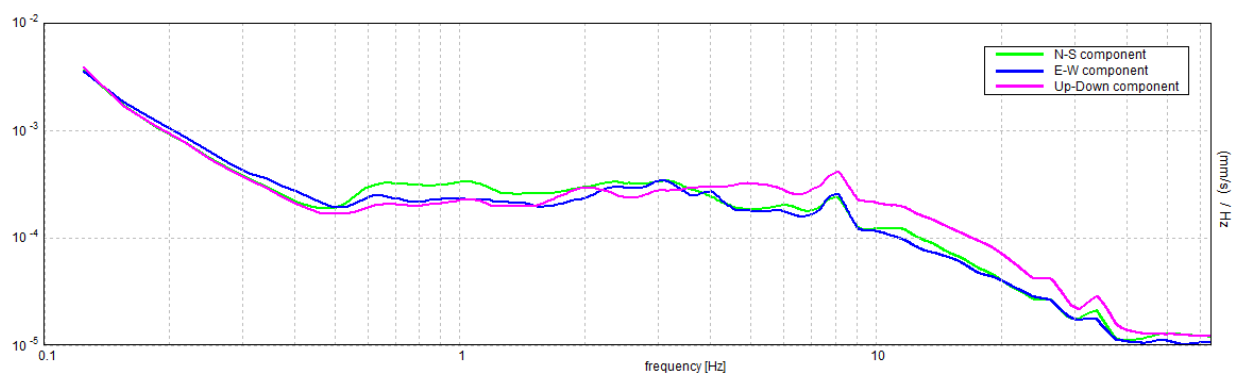
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.63 \pm 0.21$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$625.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.55 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.33429  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.20893 < 0.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2409 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

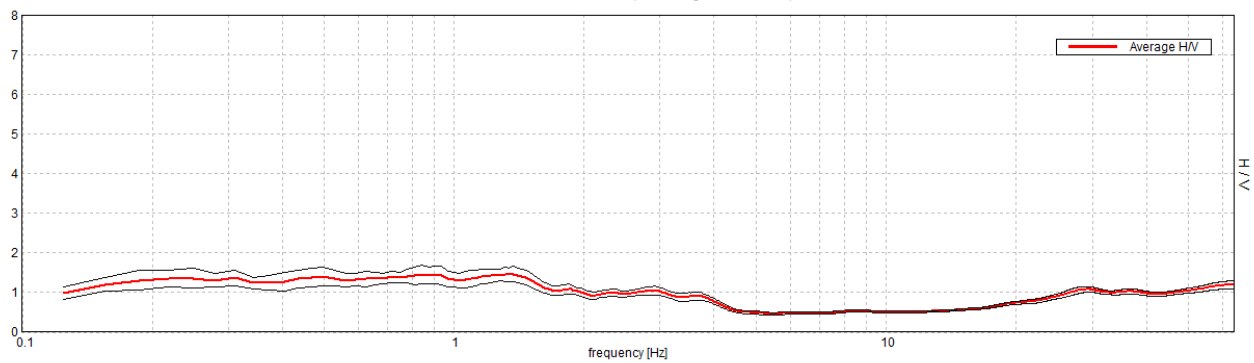
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_04

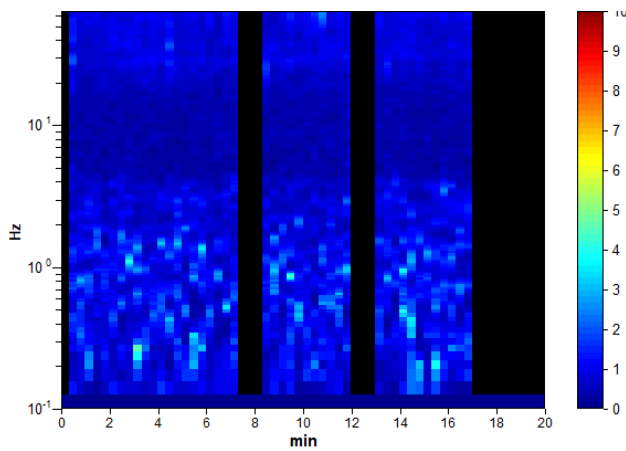
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 11:12:57 End recording: 13/09/02 11:32:58  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 73% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

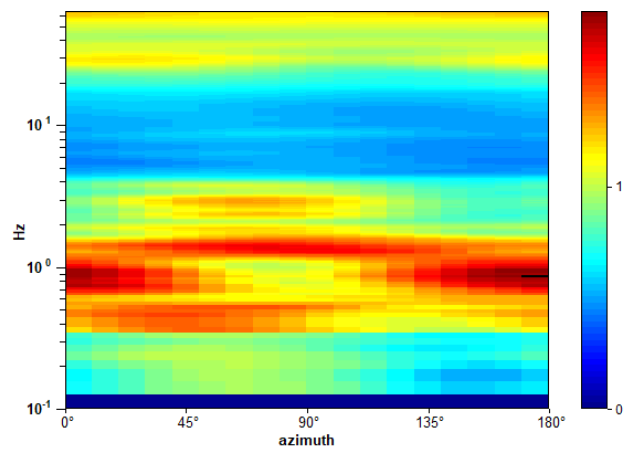
Max. H/V at 1.38 ± 0.46 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



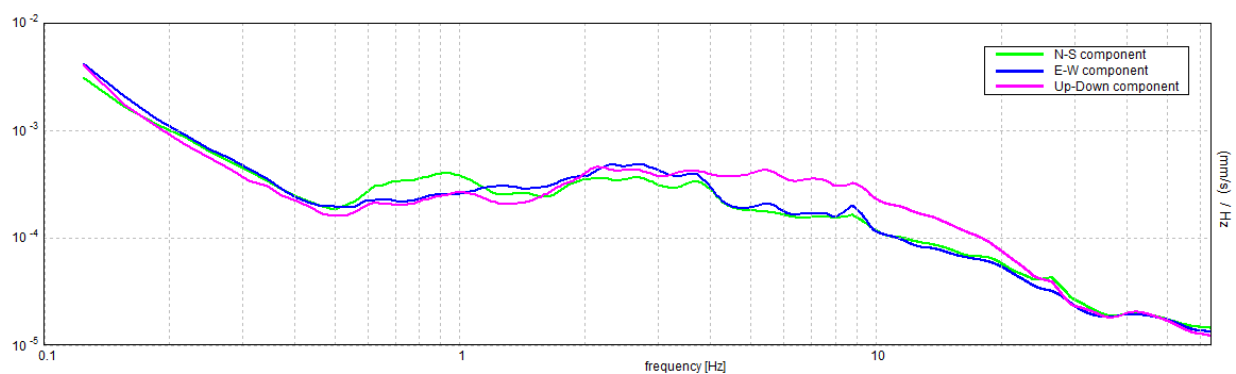
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $1.38 \pm 0.46$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.38 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1210.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 67 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.47 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.3376  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.46421 < 0.1375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1867 < 1.78$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

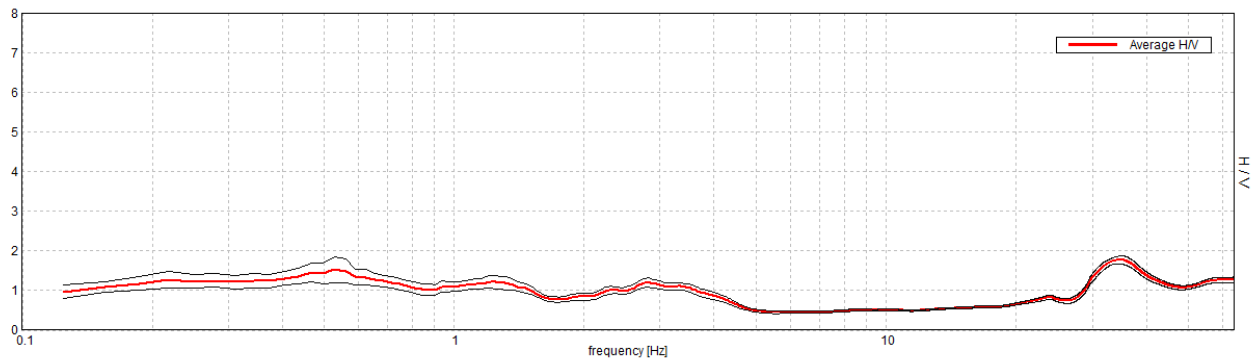
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_05

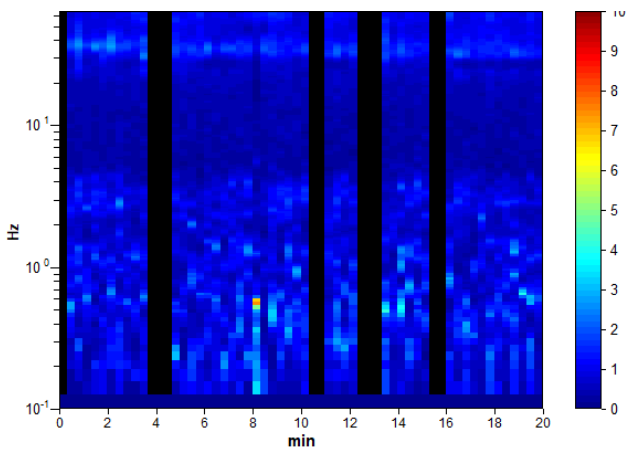
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 11:45:56 End recording: 13/09/02 12:05:57  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 82% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

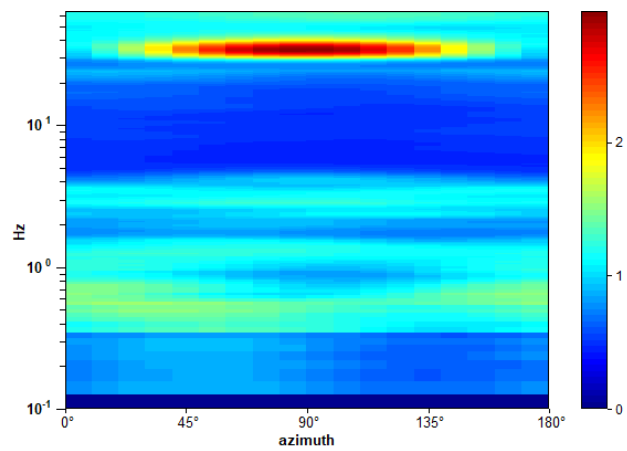
Max. H/V at  $0.53 \pm 4.23$  Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



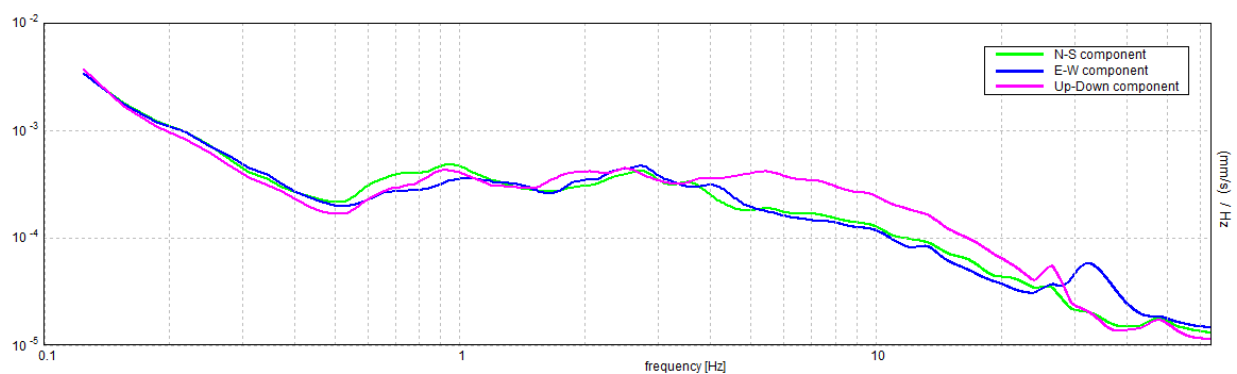
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.53 \pm 4.23$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.53 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$520.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 26 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.53 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 7.97057  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.23437 < 0.07969$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3327 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

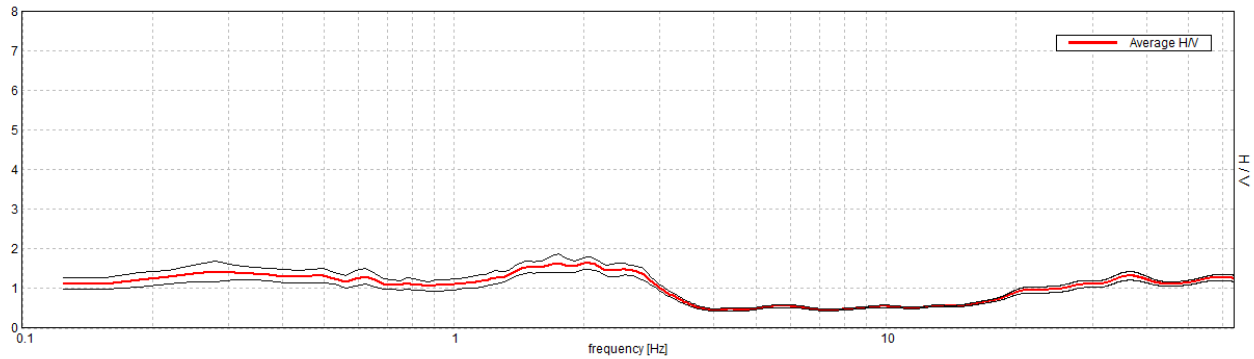


## Piano Arenile\_HV\_06

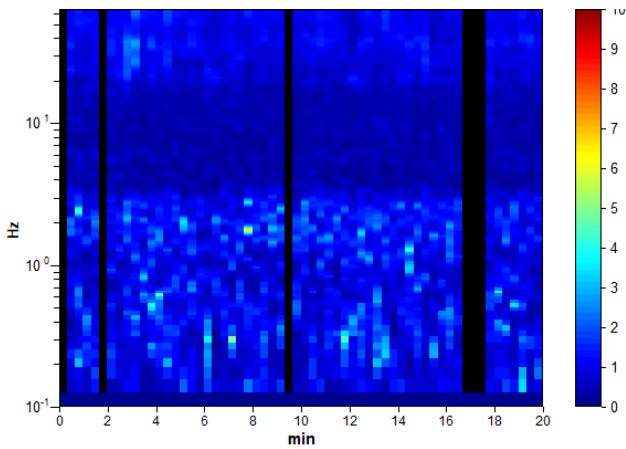
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 12:18:31 End recording: 13/09/02 12:38:32  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

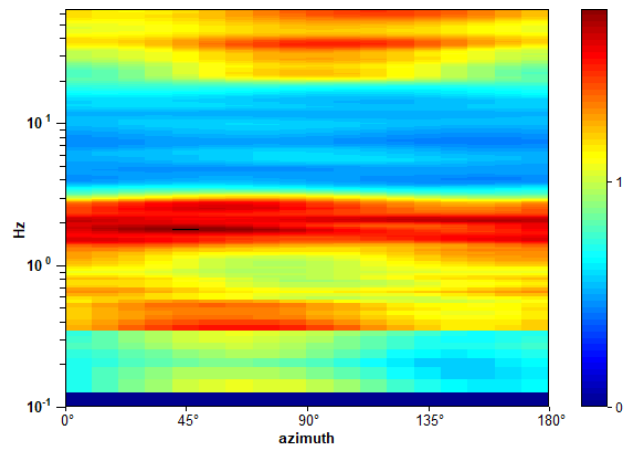
Max. H/V at 2.03 ± 0.2 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



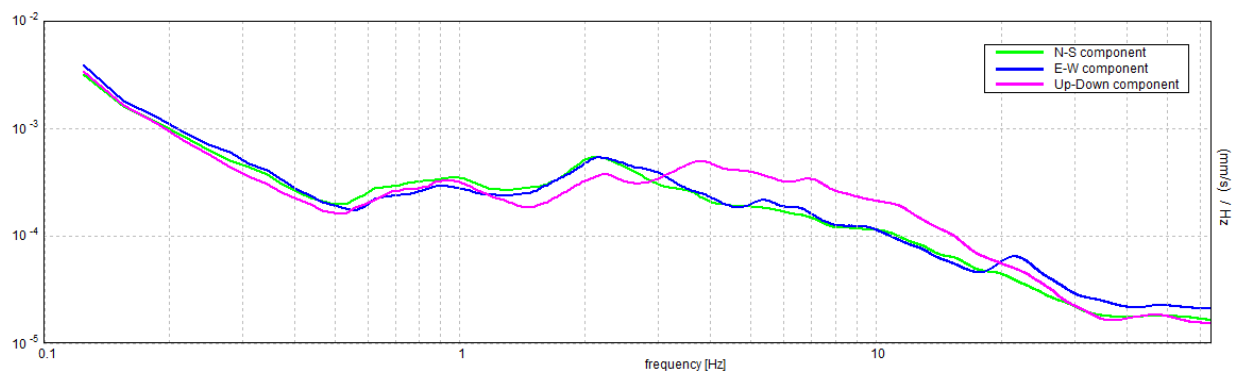
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 2.03 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	2.03 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2193.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 98 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.64 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.09895  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.201 < 0.10156$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1555 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

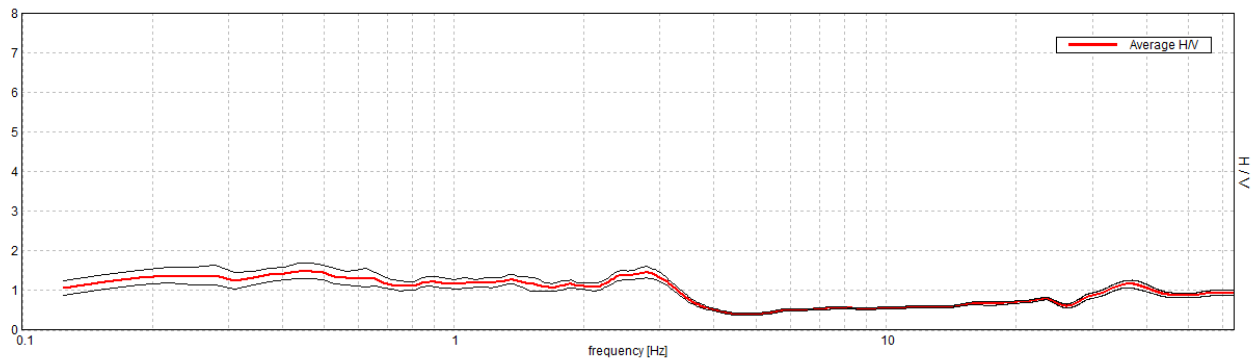
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_07

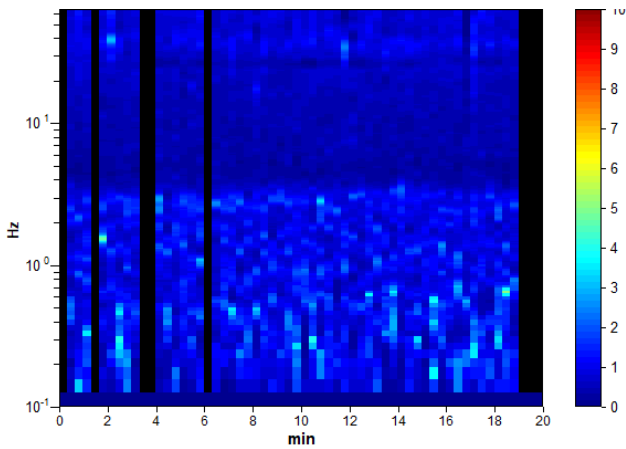
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 12:48:21 End recording: 13/09/02 13:08:22  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

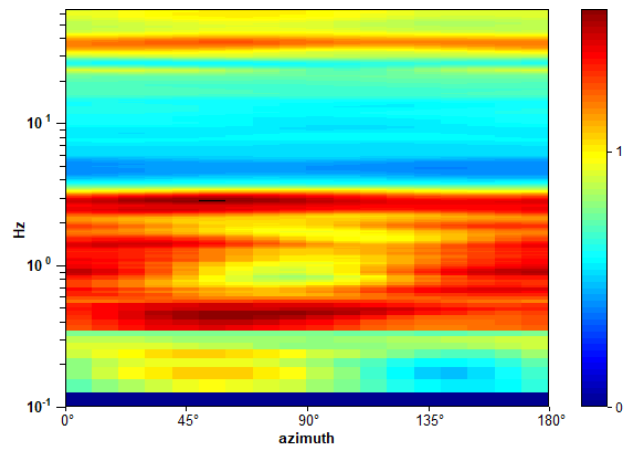
Max. H/V at 0.47 ± 1.64 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



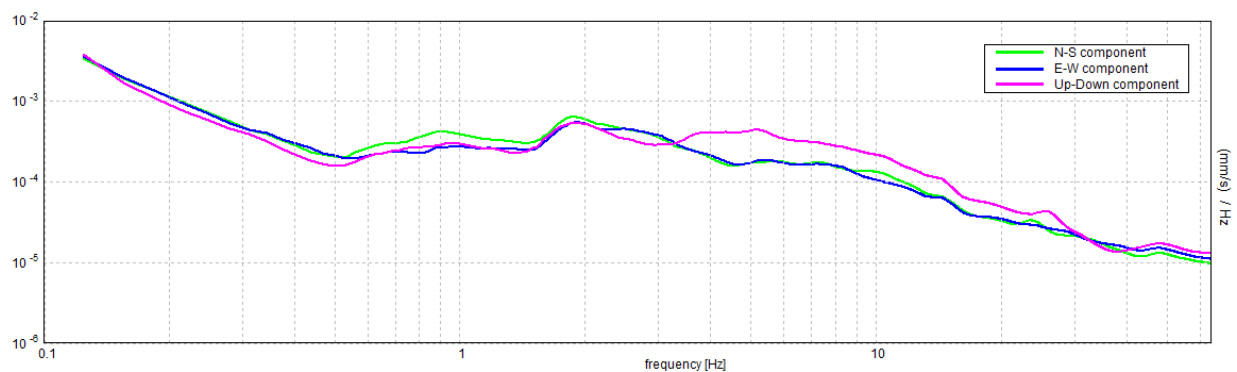
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.47 \pm 1.64$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.47 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$487.5 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 24 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$1.49 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 3.49354  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.63759 < 0.09375$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2012 < 2.5$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

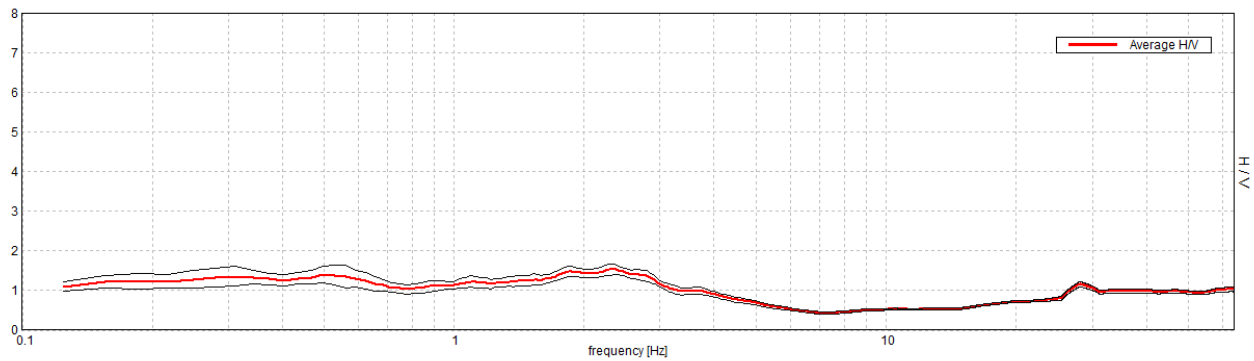
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_08

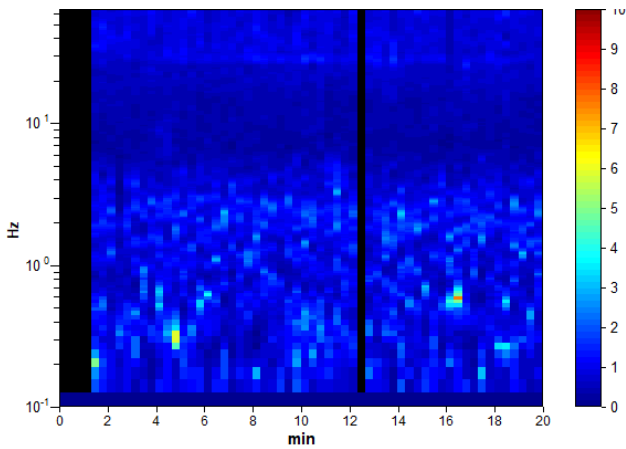
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 13:21:45 End recording: 13/09/02 13:41:46  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

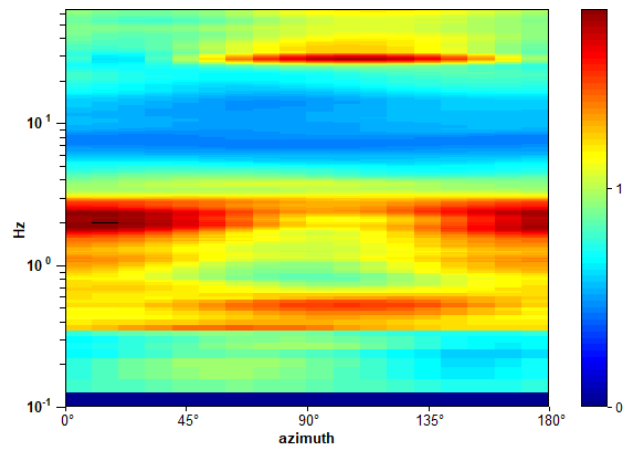
Max. H/V at 2.34 ± 1.59 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



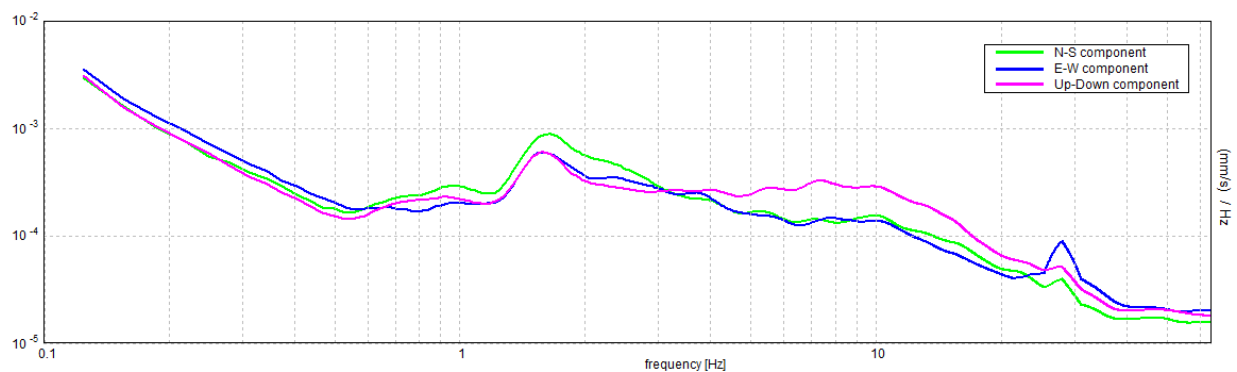
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $2.34 \pm 1.59$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.34 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2578.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 114 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.53 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.67993  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.59359 < 0.11719$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1329 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

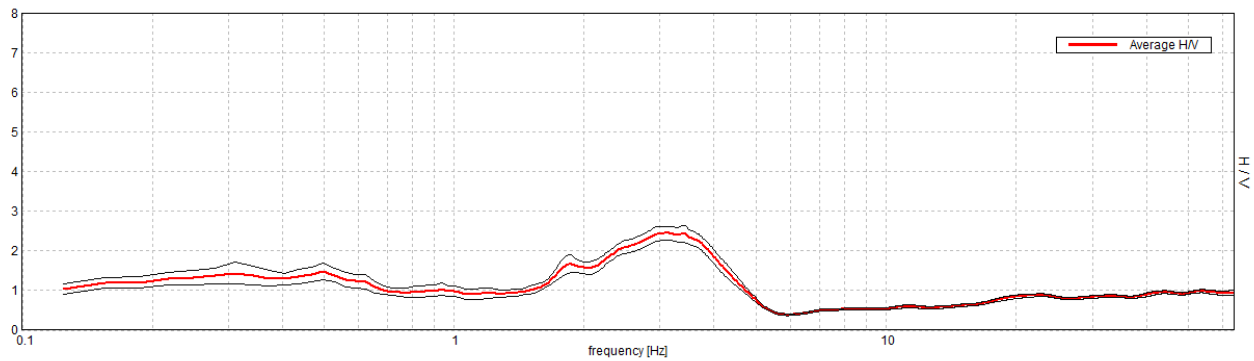
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_09

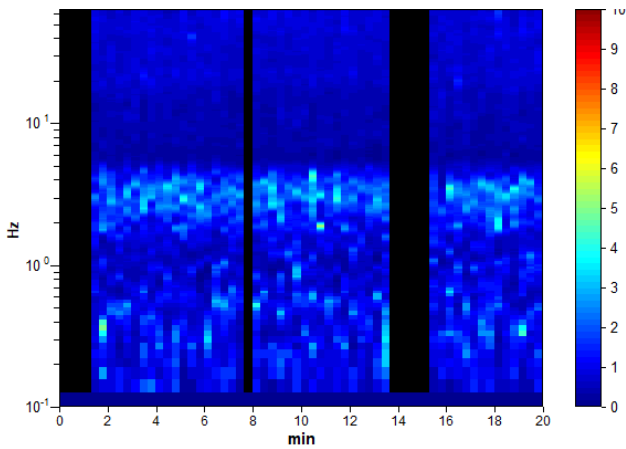
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 14:00:52 End recording: 13/09/02 14:20:53  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

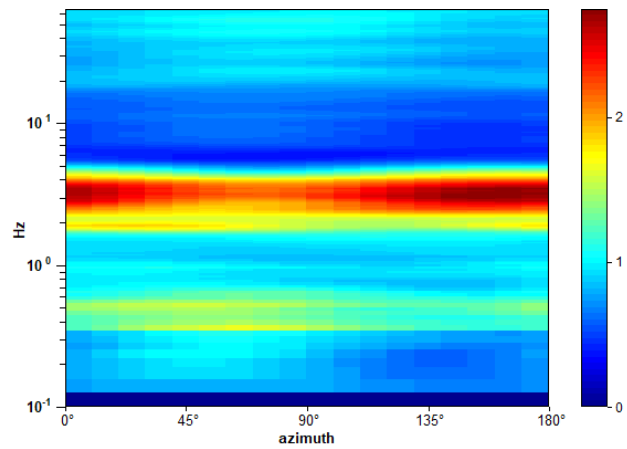
Max. H/V at 3.13 ± 0.42 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



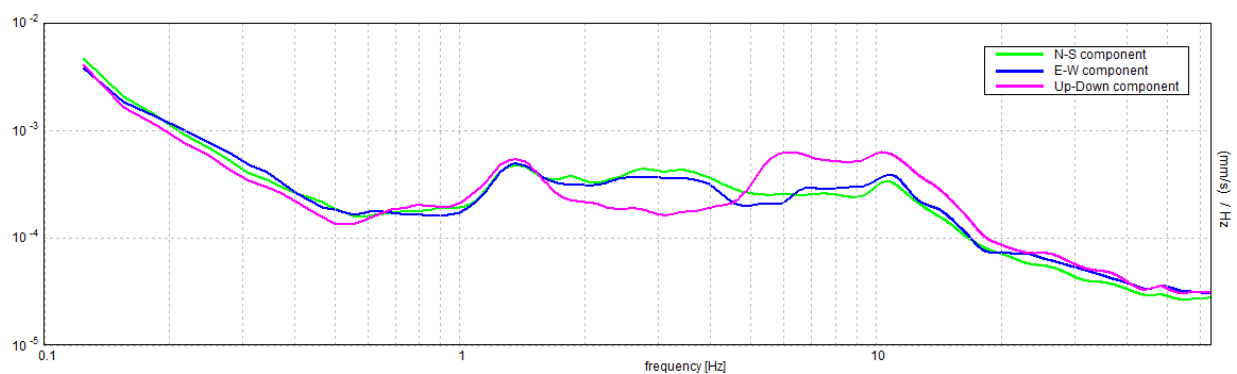
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 3.13 ± 0.42 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	3.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3125.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 151 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.656 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.45 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13488  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.42149 < 0.15625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1748 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



## Piano Arenile\_HV\_10

Instrument: TRZ-0054/01-09

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 14/09/02 17:24:06 Fine registrazione: 14/09/02 17:44:07

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analyzed 62% trace (manual window selection)

Freq. campionamento: 128 Hz

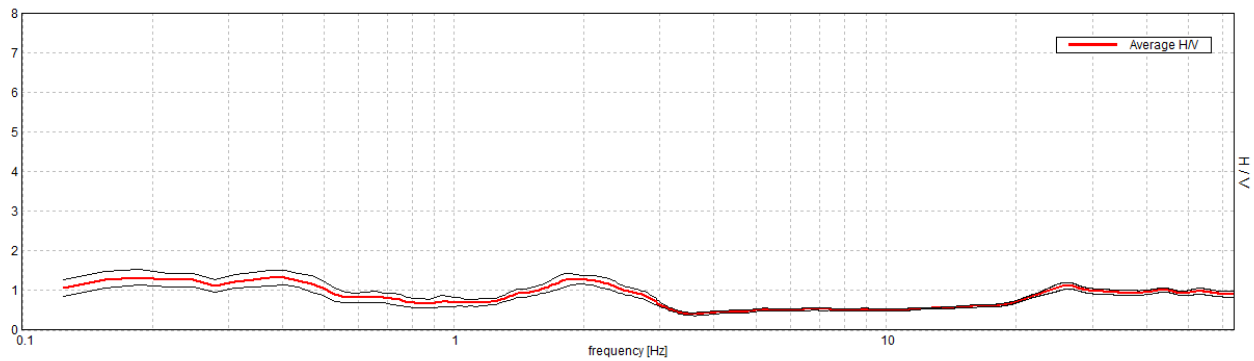
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

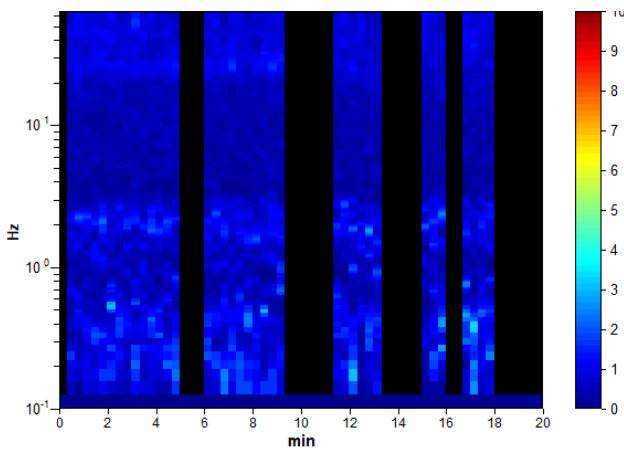
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

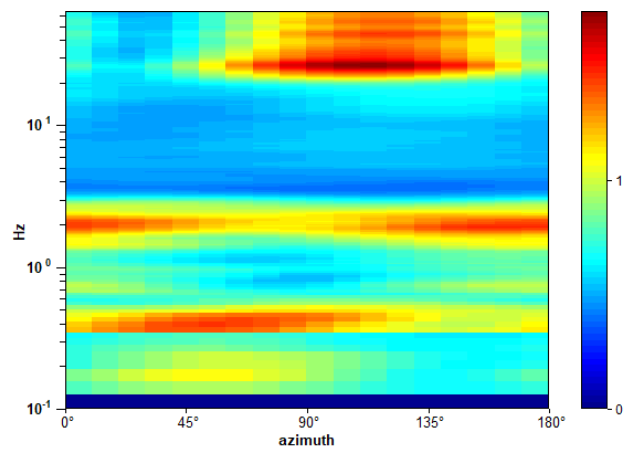
Max. H/V at 0.19 ± 1.41 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



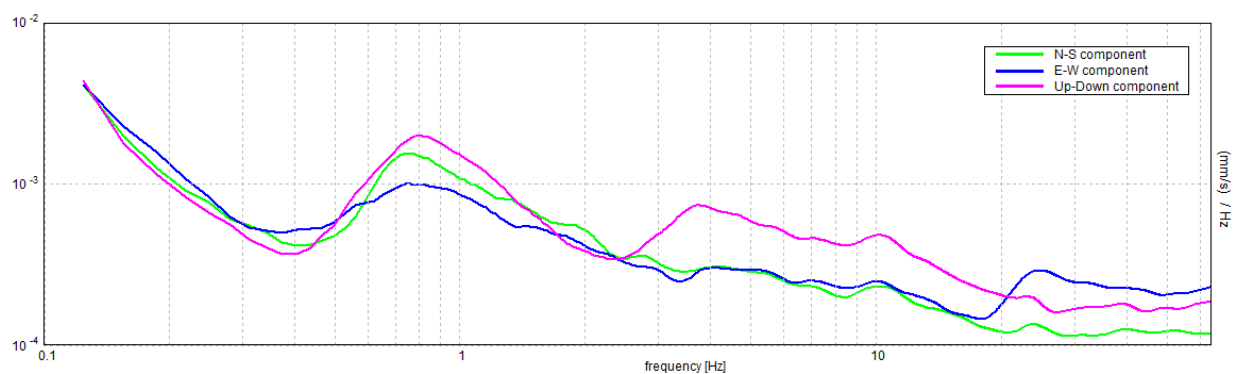
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.19 \pm 1.41$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.19 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$138.8 > 200$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 10 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$1.33 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 7.5062  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.40741 < 0.04688$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1994 < 3.0$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

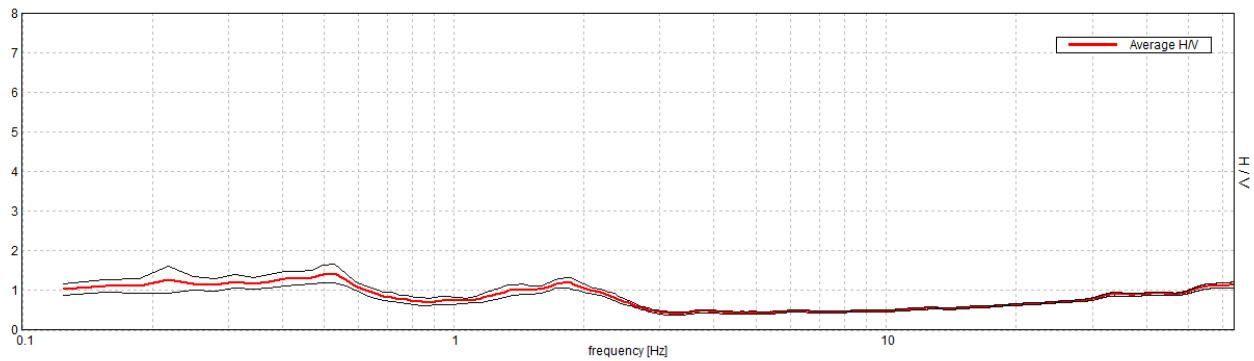
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_11

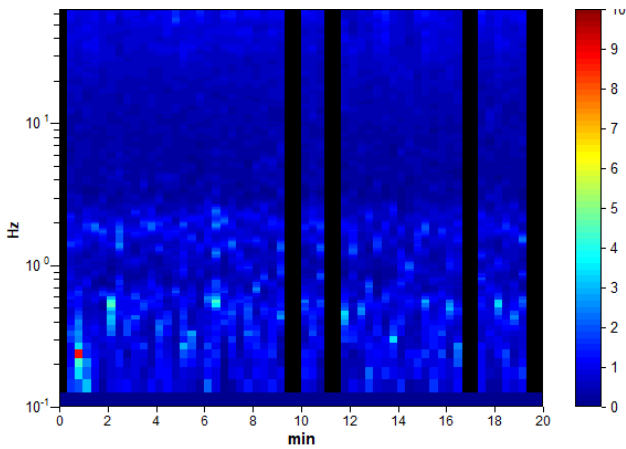
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 16:43:58 End recording: 13/09/02 17:03:59  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

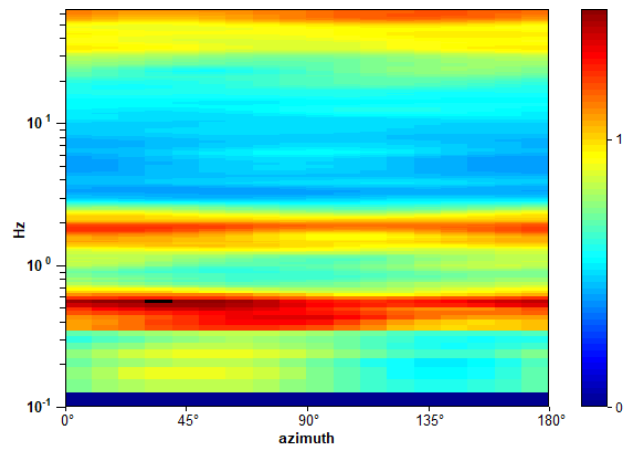
Max. H/V at  $0.53 \pm 0.2$  Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



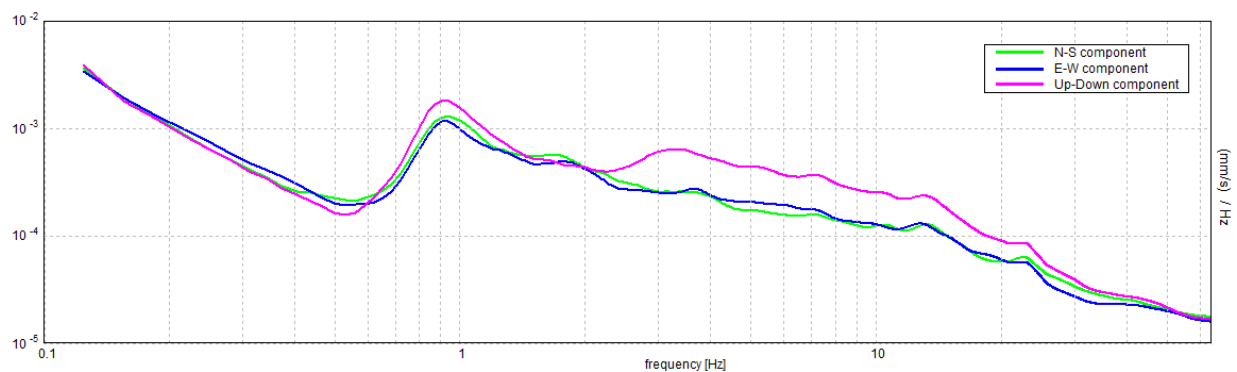
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.53 \pm 0.2$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.53 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$541.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 26 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.43 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.38184  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.20285 < 0.07969$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2405 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

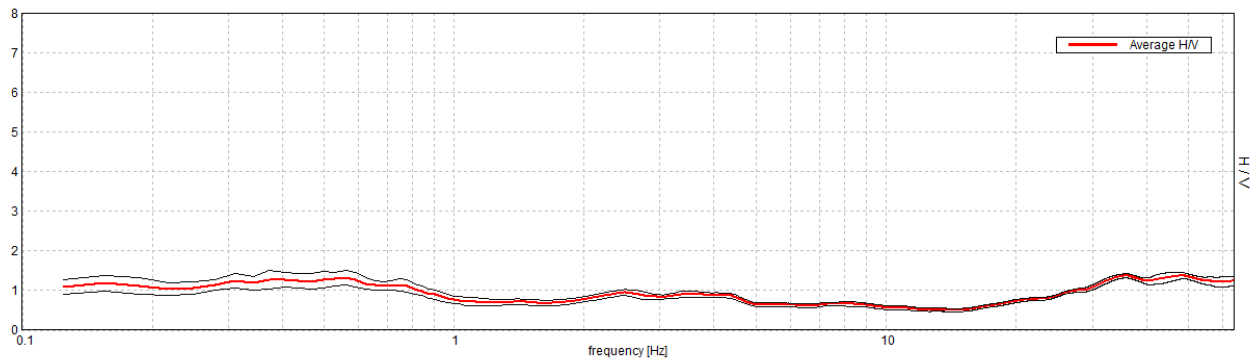
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_12

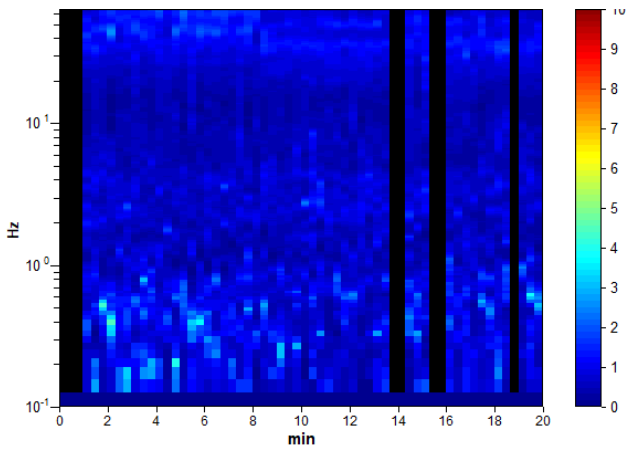
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 07:51:00 End recording: 13/09/02 08:11:01  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

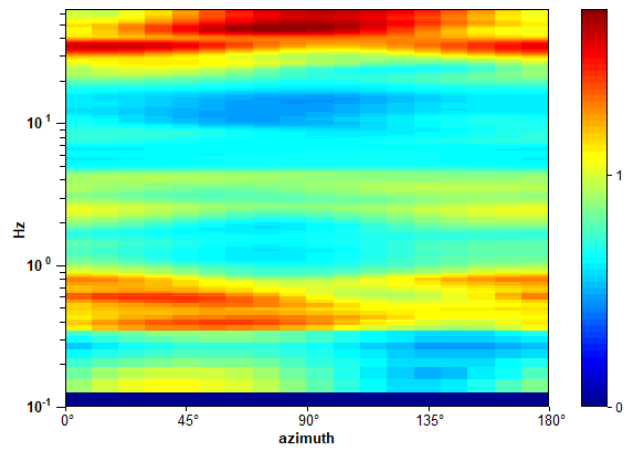
Max. H/V at  $0.56 \pm 0.22$  Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



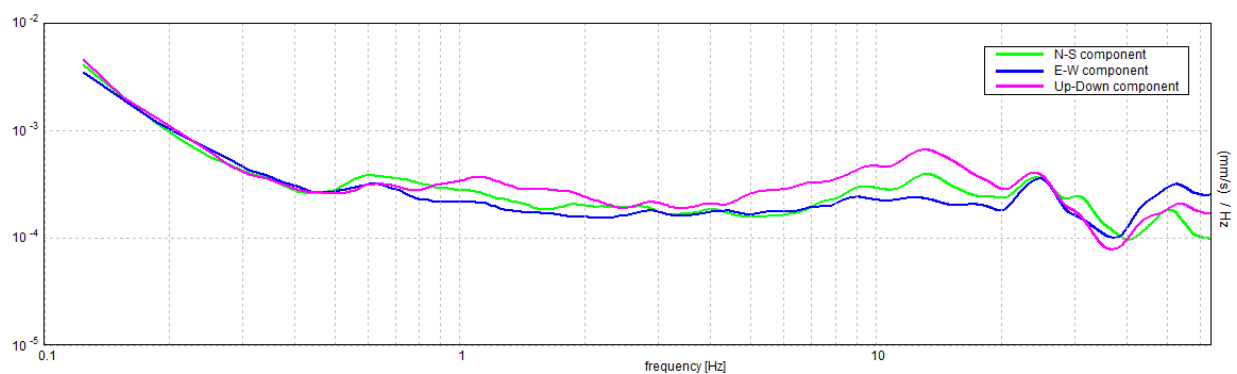
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.56 \pm 0.22$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$585.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 28 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.32 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.3832  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.21555 < 0.08438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.174 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

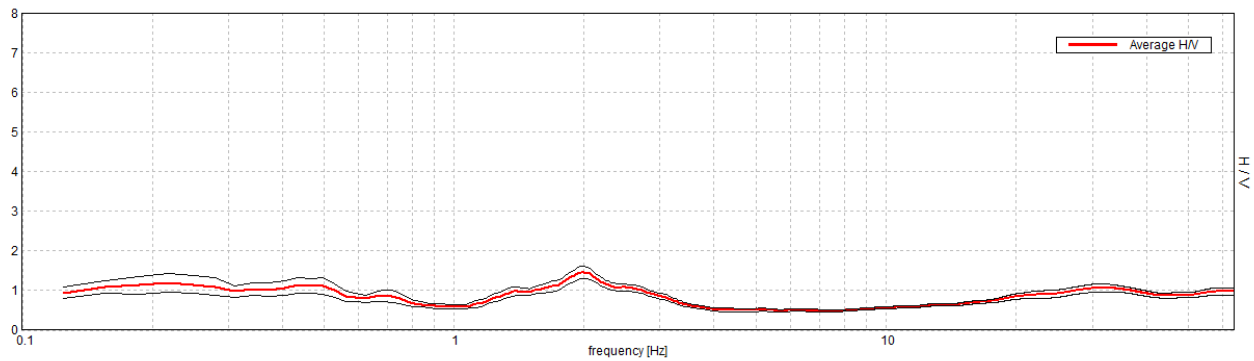
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_13

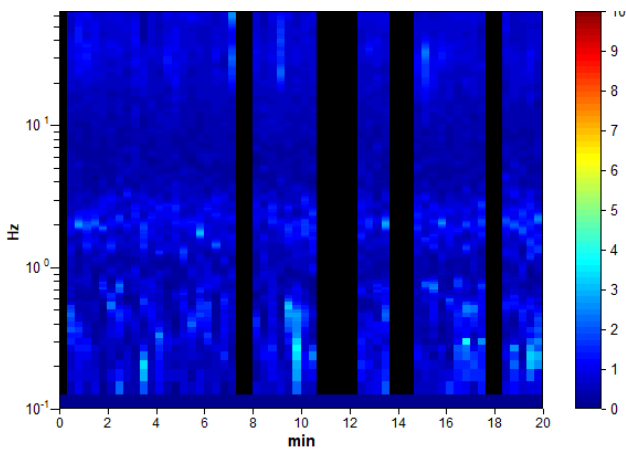
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 18:08:00 End recording: 13/09/02 18:28:01  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

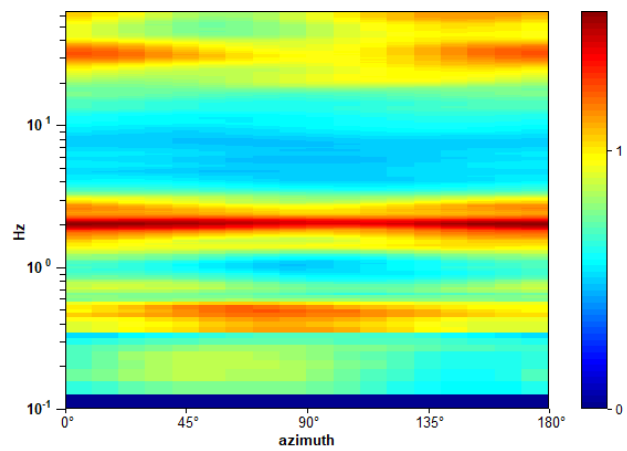
Max. H/V at  $2.0 \pm 0.23$  Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



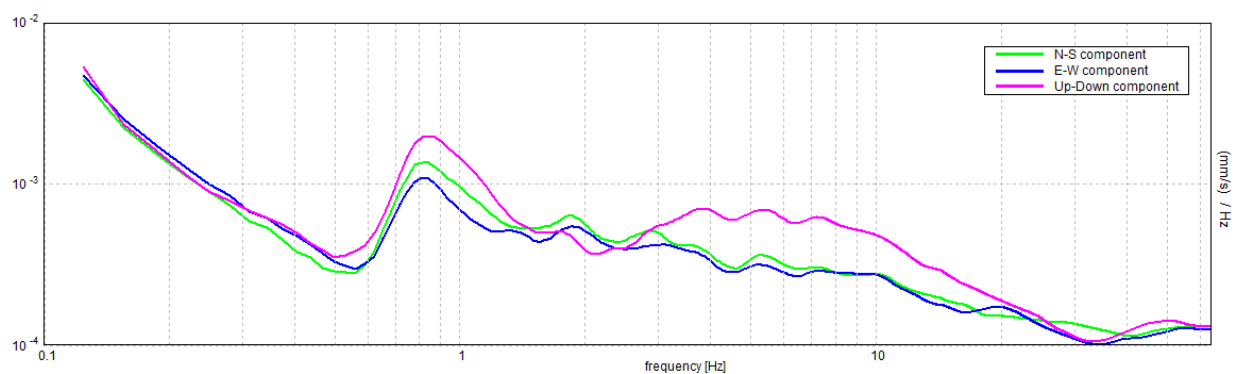
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 2.0 ± 0.23 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	2.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1880.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 97 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.188 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.46 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11441  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.22882 < 0.1		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1561 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

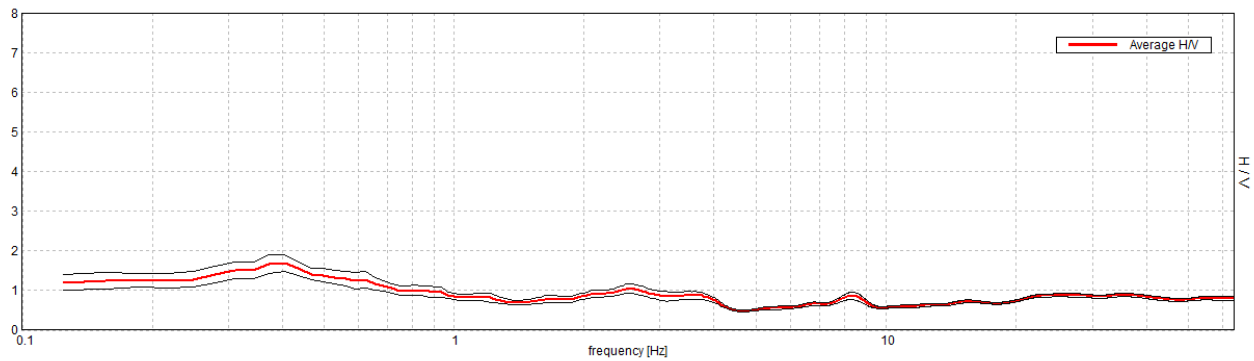


## Piano Arenile\_HV\_14

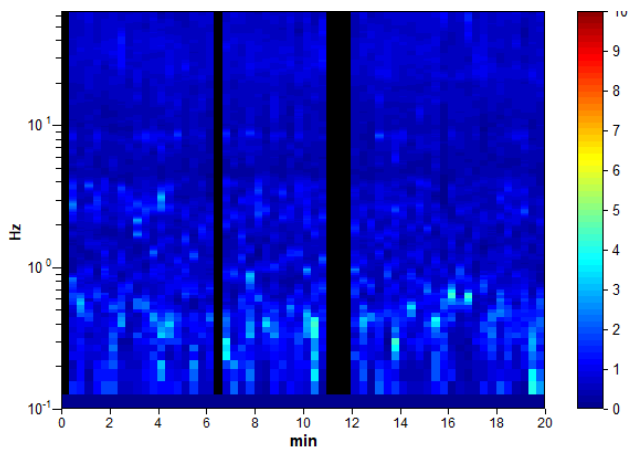
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 14/09/02 18:02:33 End recording: 14/09/02 18:22:34  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

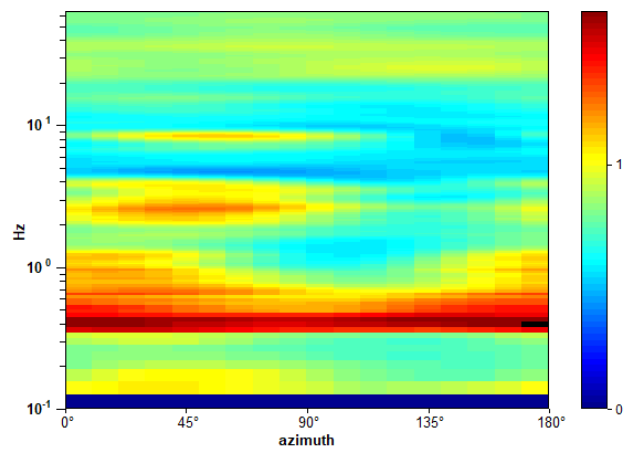
Max. H/V at  $0.41 \pm 0.32$  Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



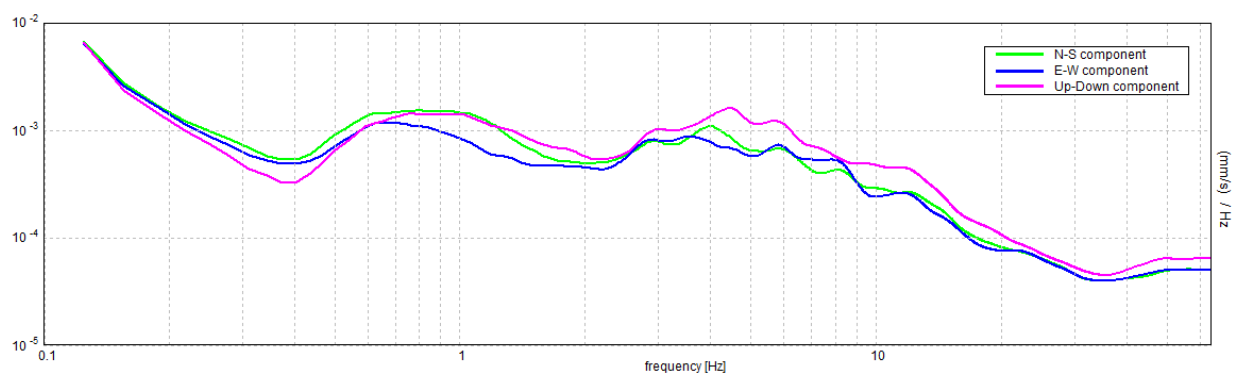
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 0.41 ± 0.32 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	0.41 > 0.50		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	446.9 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 20 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.69 > 2		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.78515  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.31897 < 0.08125$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2196 < 2.5$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

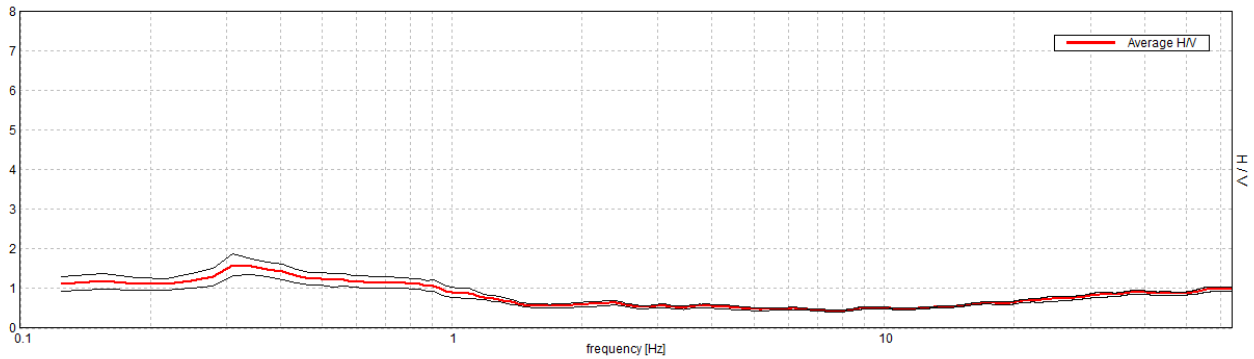
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_15

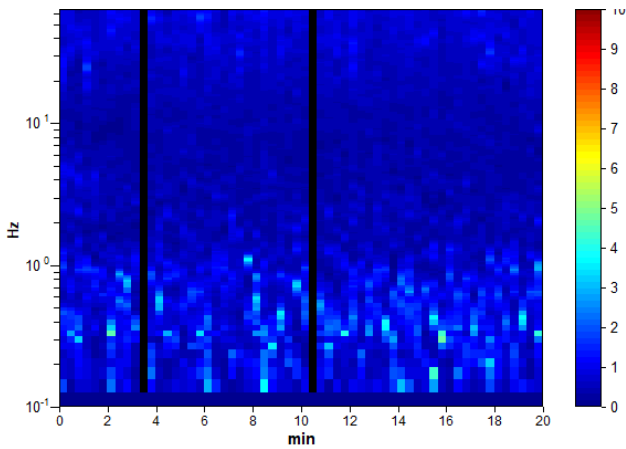
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 15/09/02 14:57:07 End recording: 15/09/02 15:17:08  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 97% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

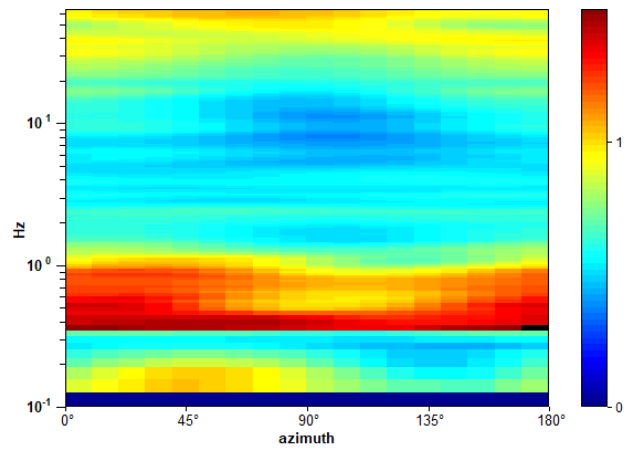
Max. H/V at 0.31 ± 0.11 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



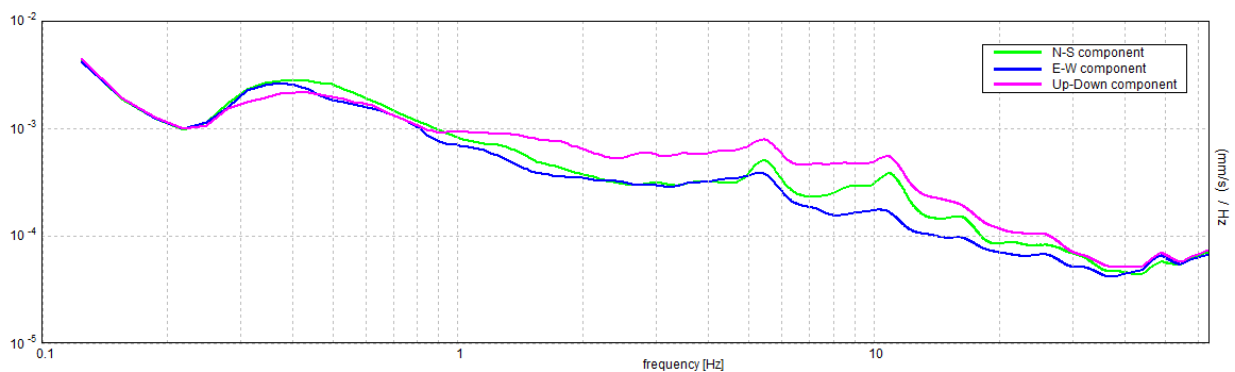
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.31 \pm 0.11$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.31 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$362.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 16 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.188 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.59 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.35816  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.11192 < 0.0625$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2808 < 2.5$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

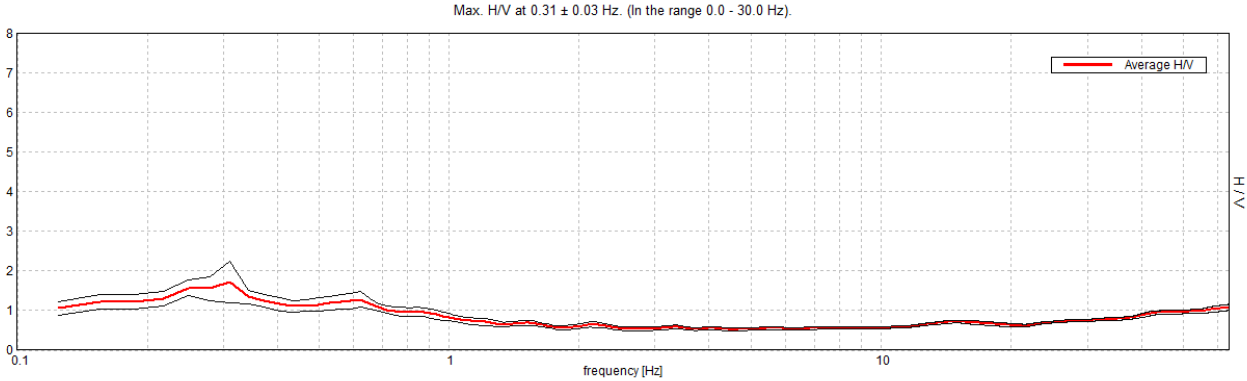
**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

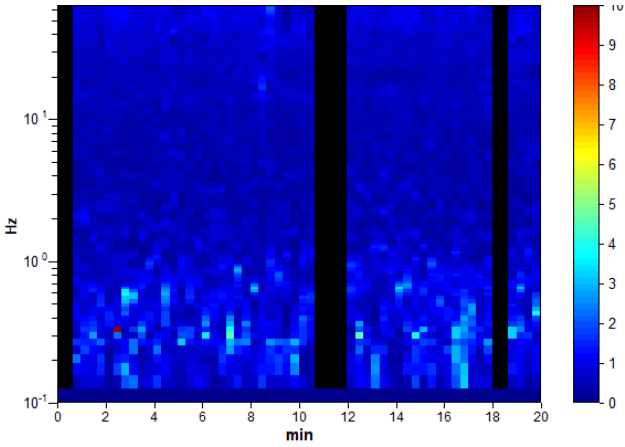
**Piano Arenile\_HV\_16**

Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 15/09/02 15:27:22 End recording: 15/09/02 15:47:23  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

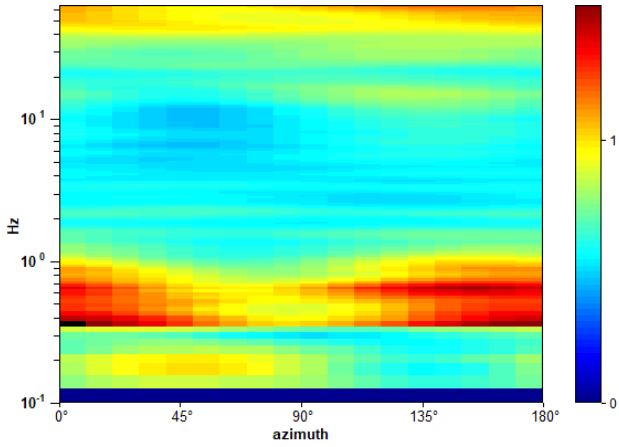
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



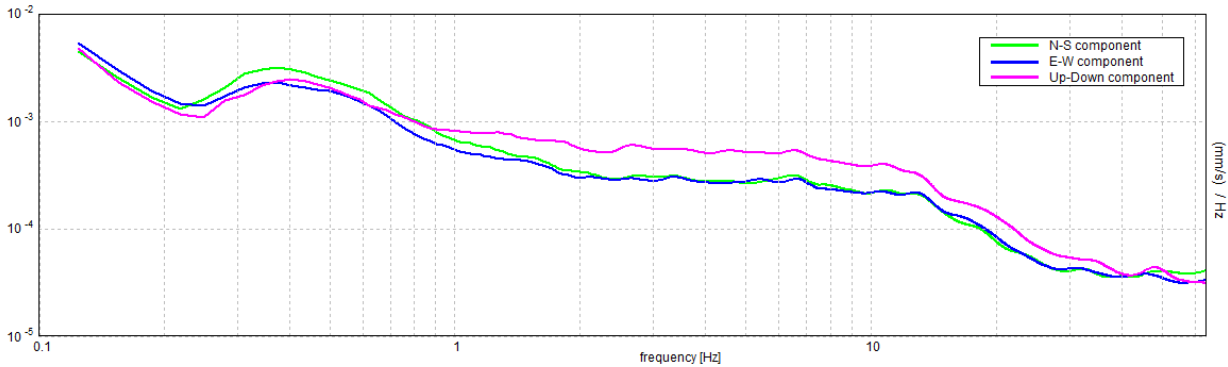
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.31 \pm 0.03$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.31 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$325.0 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 16 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.969 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$1.72 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.09199  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02875 < 0.0625$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5263 < 2.5$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

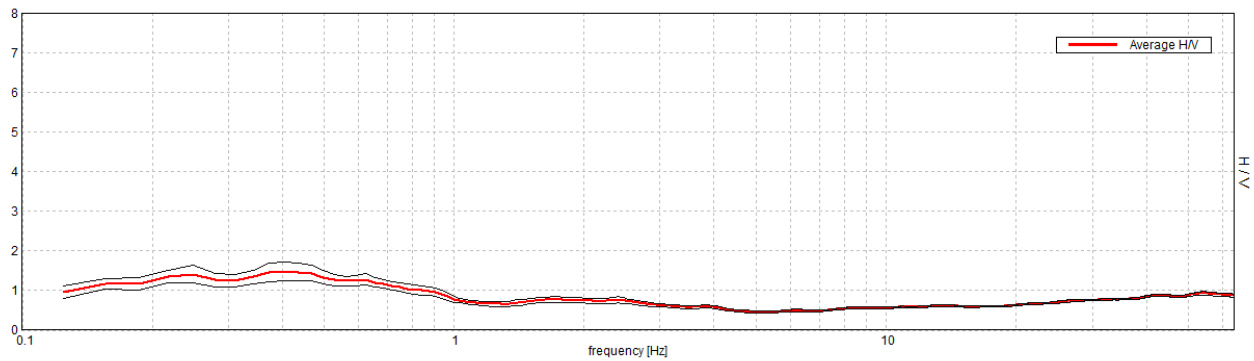
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_17

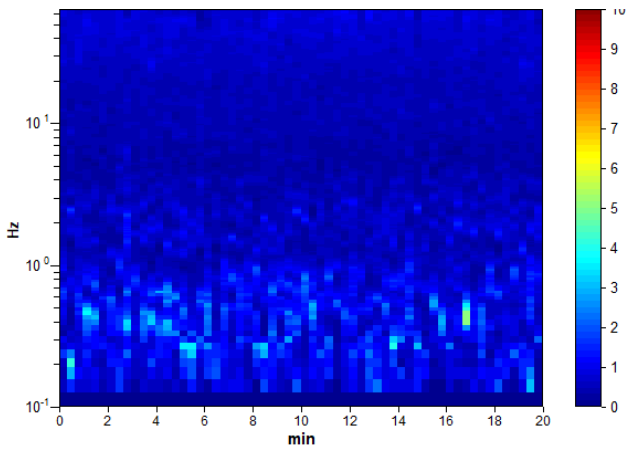
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 16/09/02 08:58:55 End recording: 16/09/02 09:18:56  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

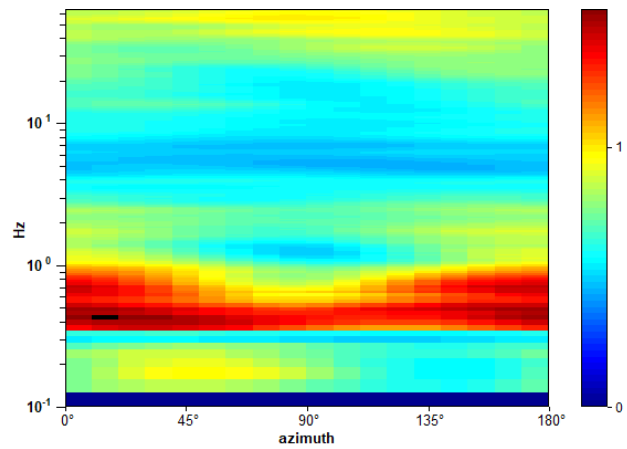
Max. H/V at  $0.41 \pm 0.09$  Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



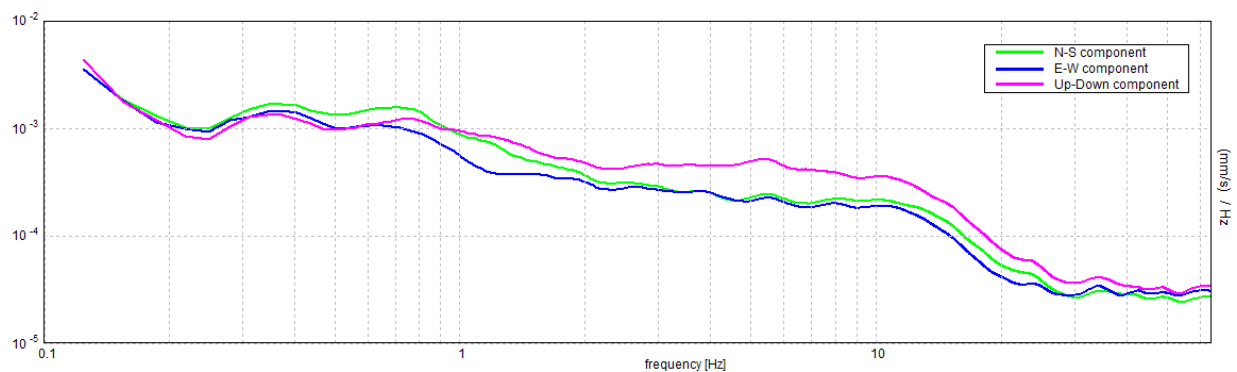
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 0.41 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	0.41 > 0.50		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	487.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 20 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.48 > 2		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.21802  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.08857 < 0.08125		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2279 < 2.5	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

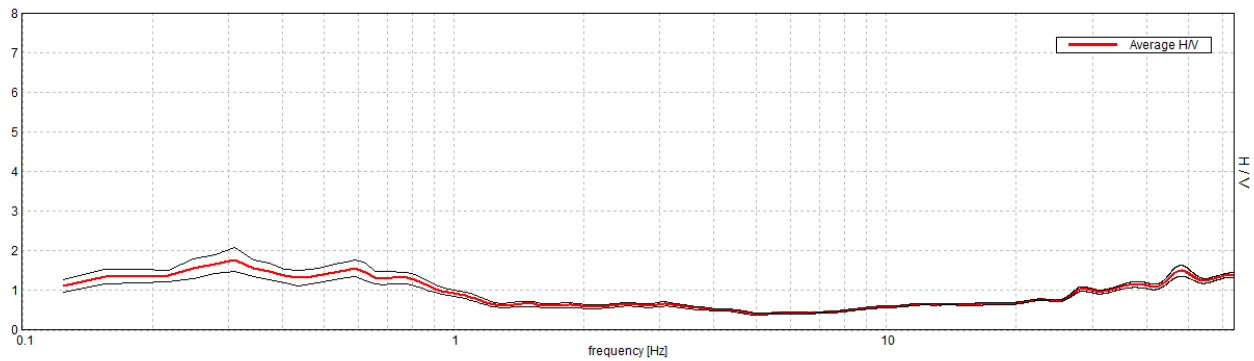


## Piano Arenile\_HV\_18

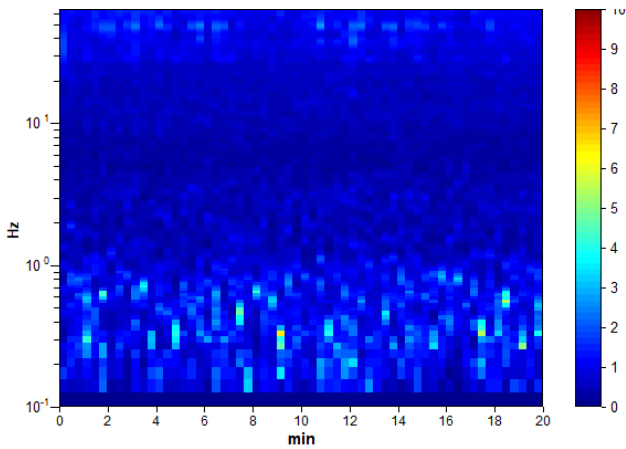
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 16/09/02 10:58:12 End recording: 16/09/02 11:18:13  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

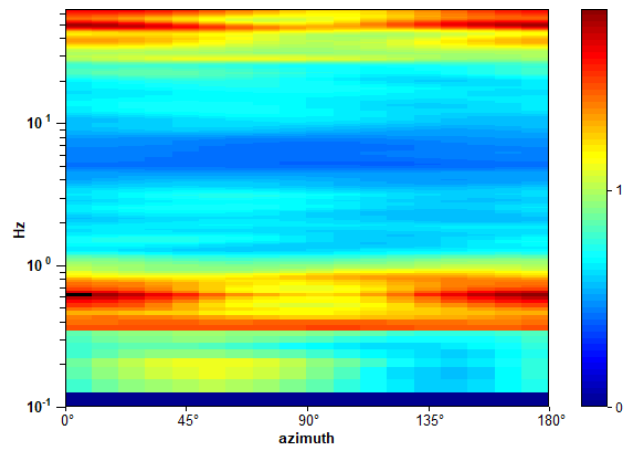
Max. H/V at 0.31 ± 3.84 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



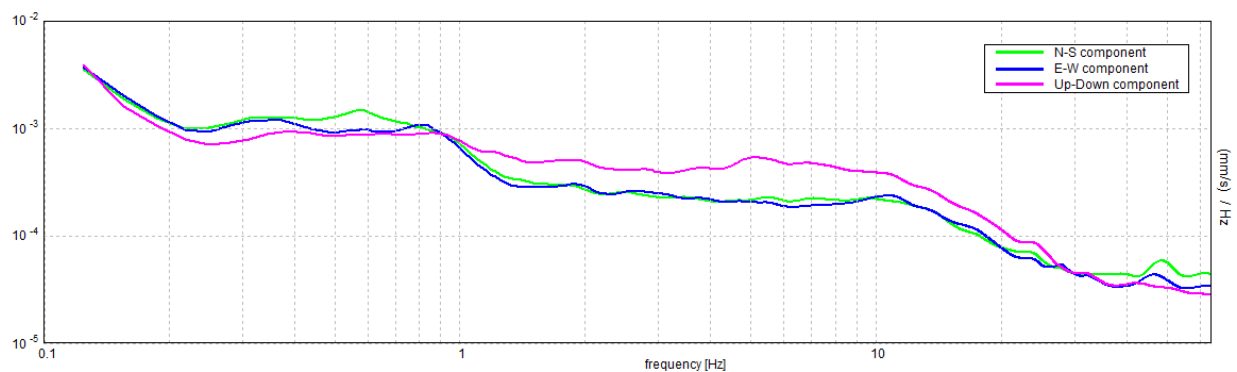
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 0.31 ± 3.84 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	0.31 > 0.50		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	375.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 16 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.78 > 2		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 12.27446  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.83577 < 0.0625		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3072 < 2.5	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

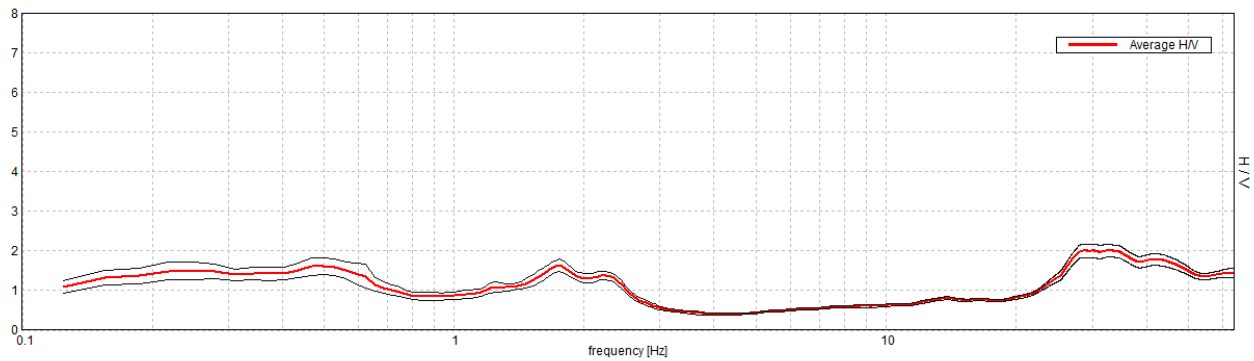
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_19

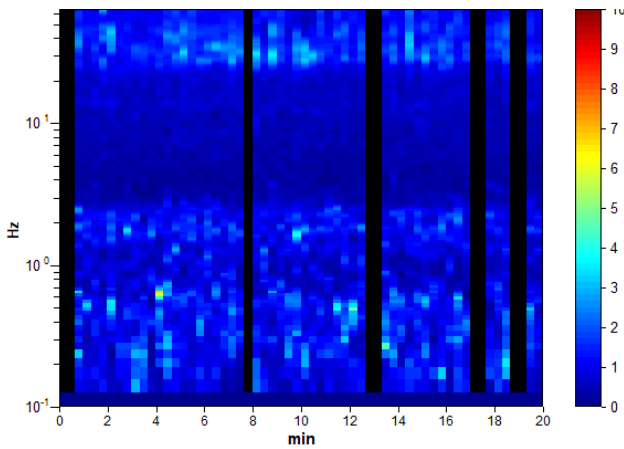
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 16:14:26 End recording: 13/09/02 16:34:27  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

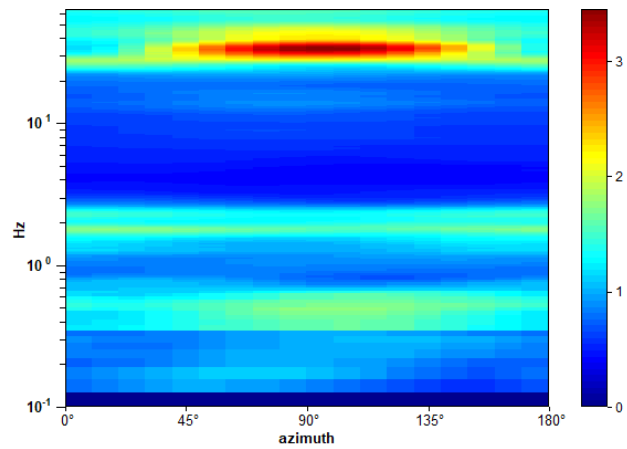
Max. H/V at 28.75 ± 14.2 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



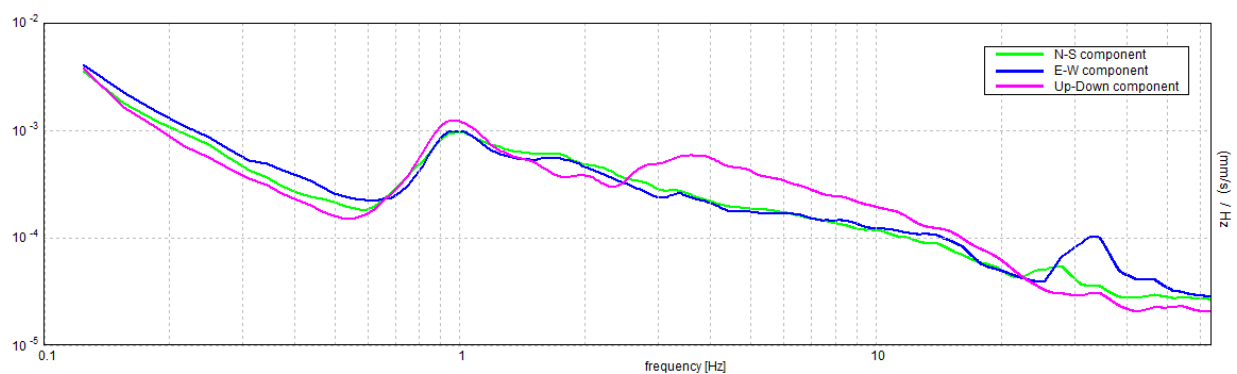
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 28.75 ± 14.2 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	28.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	29325.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1381 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	22.469 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.00 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.49397  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$14.20159 < 1.4375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1651 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

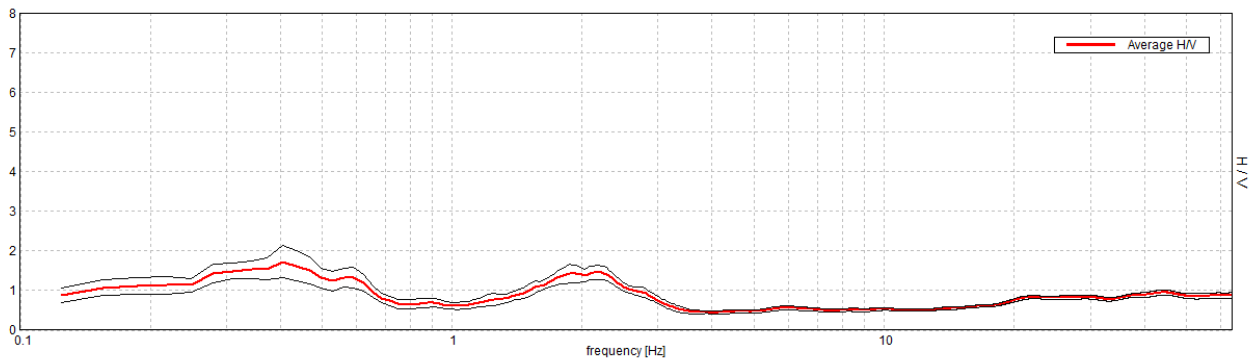
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_20

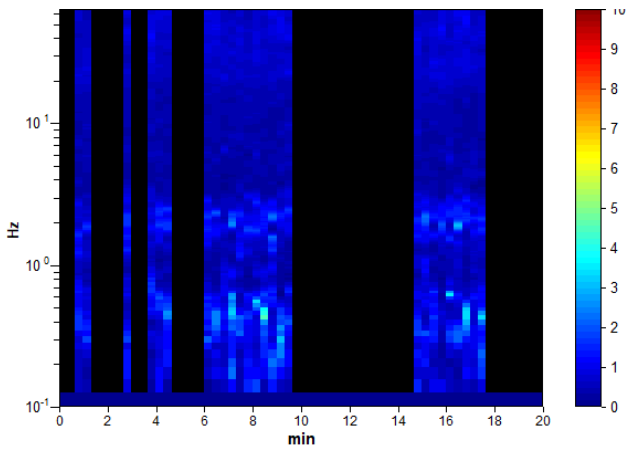
Instrument: TRZ-0054/01-09  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 13/09/02 17:27:37 End recording: 13/09/02 17:47:38  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 43% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

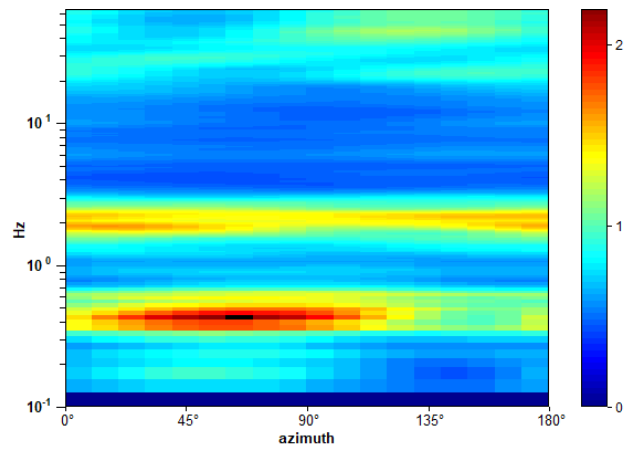
Max. H/V at 0.41 ± 0.49 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



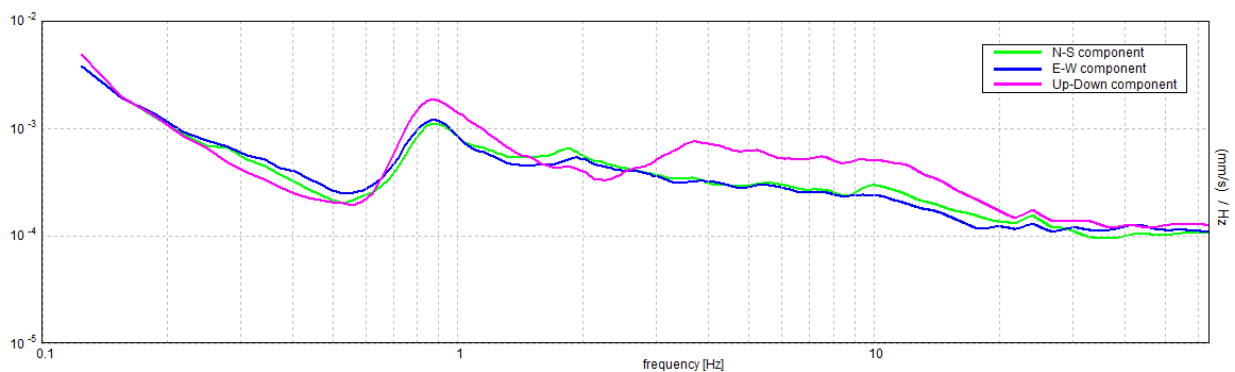
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 0.41 ± 0.49 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	0.41 > 0.50		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	211.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 20 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.73 > 2		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.21458  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.49342 < 0.08125		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4157 < 2.5	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

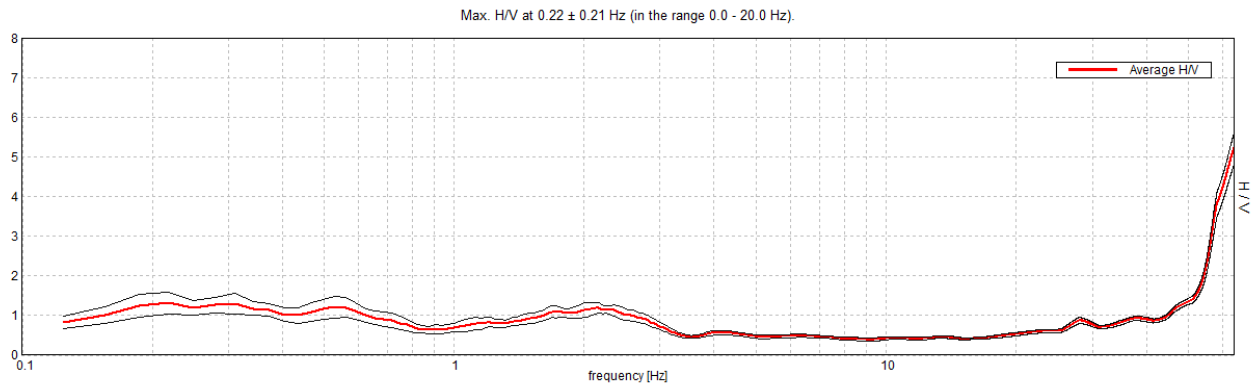
Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

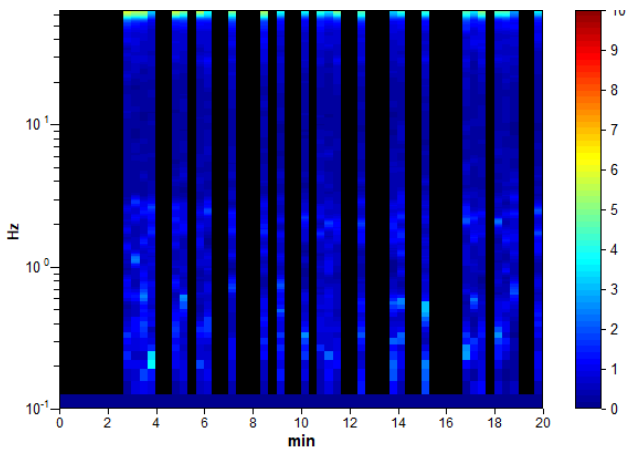
## Piano Arenile\_HV\_21

Instrument: TRZ-0144/01-11  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: 51  
 Start recording: 24/10/03 11:48:38 End recording: 24/10/03 12:08:37  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 43% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

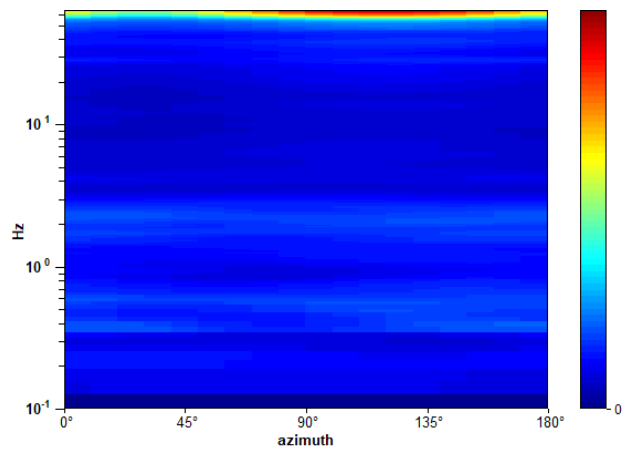
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



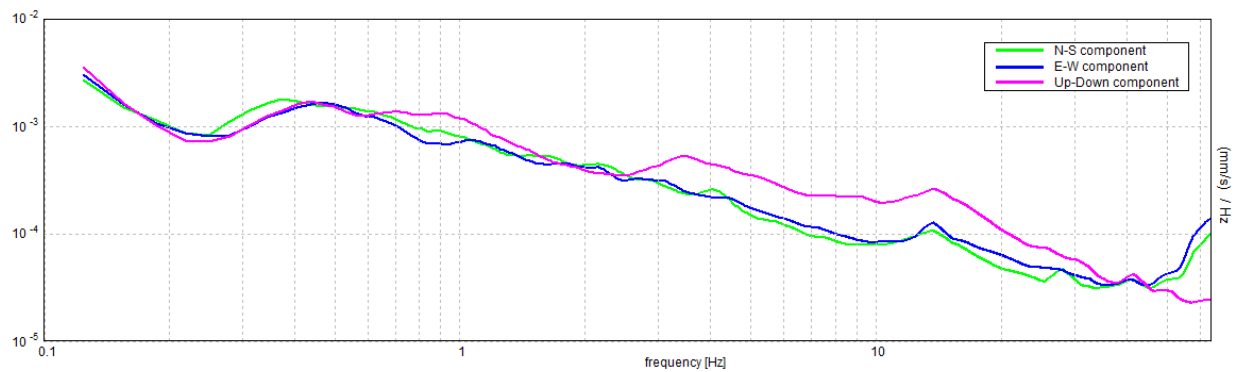
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.22 \pm 0.21$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.22 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$113.8 > 200$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 12 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.844 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$1.32 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.96322  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.2107 < 0.04375$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2754 < 2.5$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

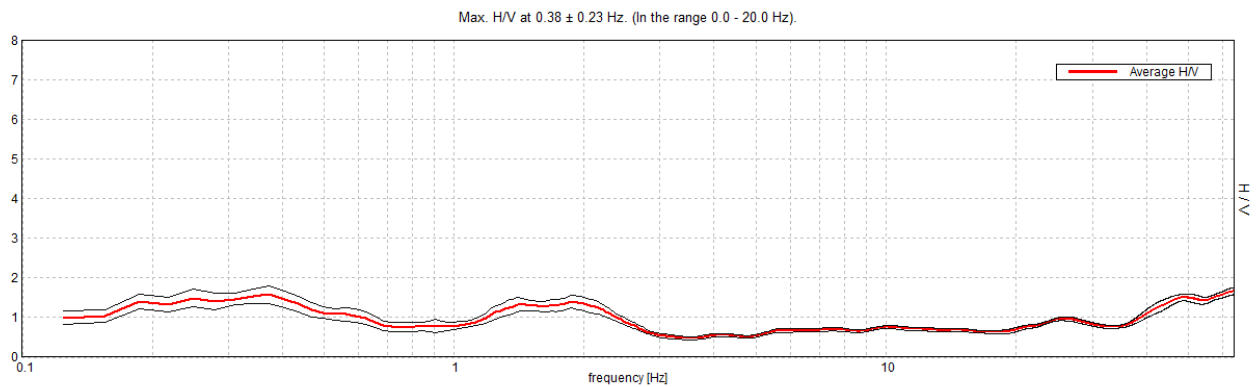
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



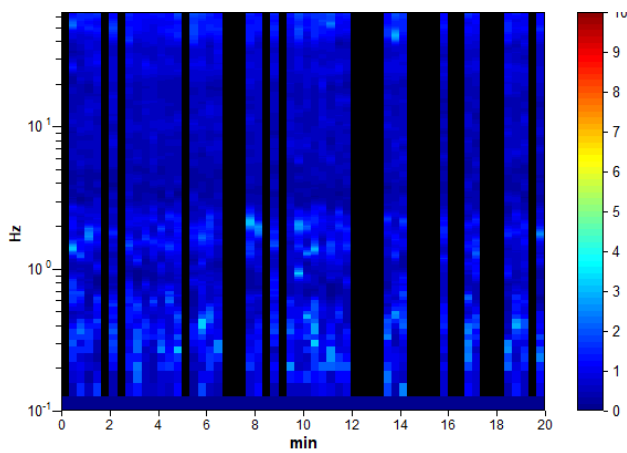
## Piano Arenile\_HV\_22

Instrument: TRZ-0144/01-11  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: 51  
 Start recording: 25/10/03 09:37:57 End recording: 25/10/03 09:57:56  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 62% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

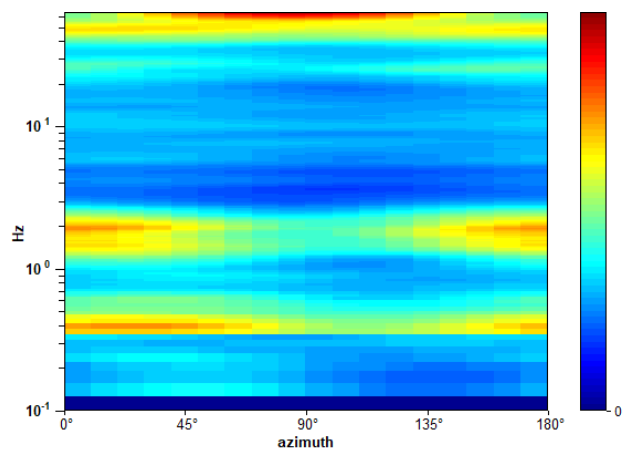
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



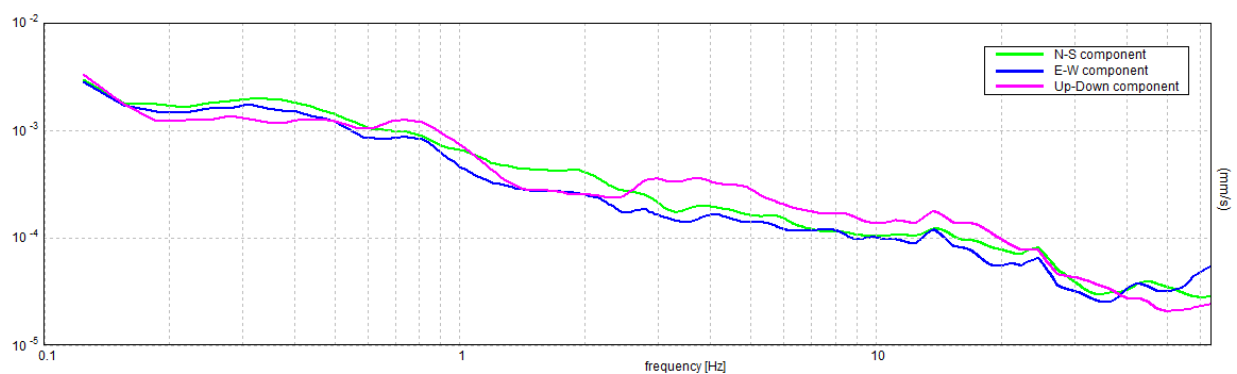
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.38 \pm 0.23$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$277.5 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 19 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.688 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$1.58 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.61497  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.23061 < 0.075$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2186 < 2.5$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

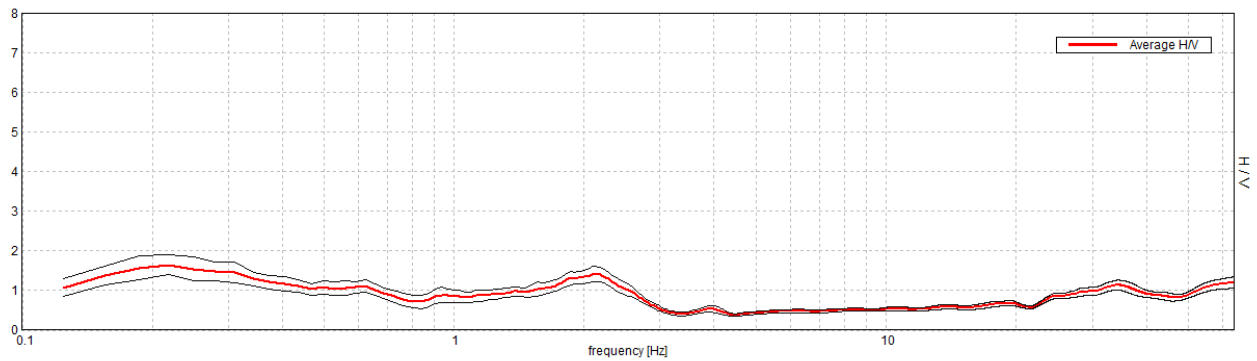
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_23

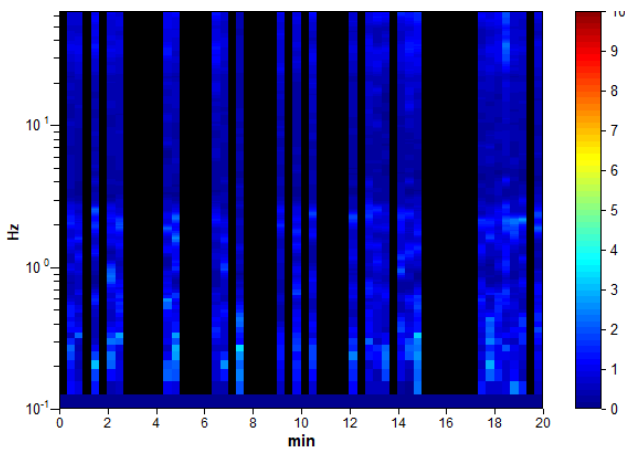
Instrument: TRZ-0144/01-11  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: 51  
 Start recording: 24/10/03 12:13:32 End recording: 24/10/03 12:33:31  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 45% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

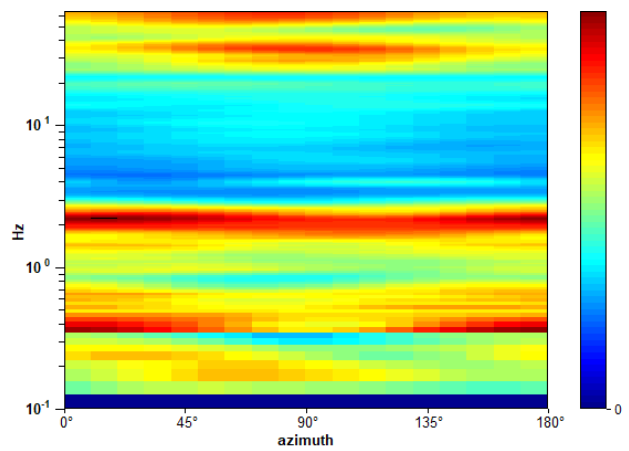
Max. H/V at  $0.22 \pm 0.03$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



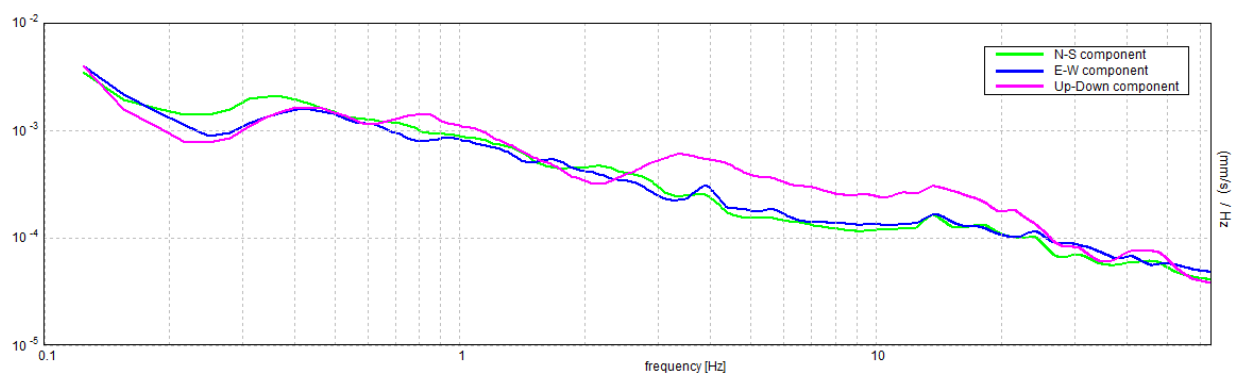
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.22 \pm 0.03$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.22 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$118.1 > 200$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 12 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.75 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$1.65 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12895  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02821 < 0.04375$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.252 < 2.5$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

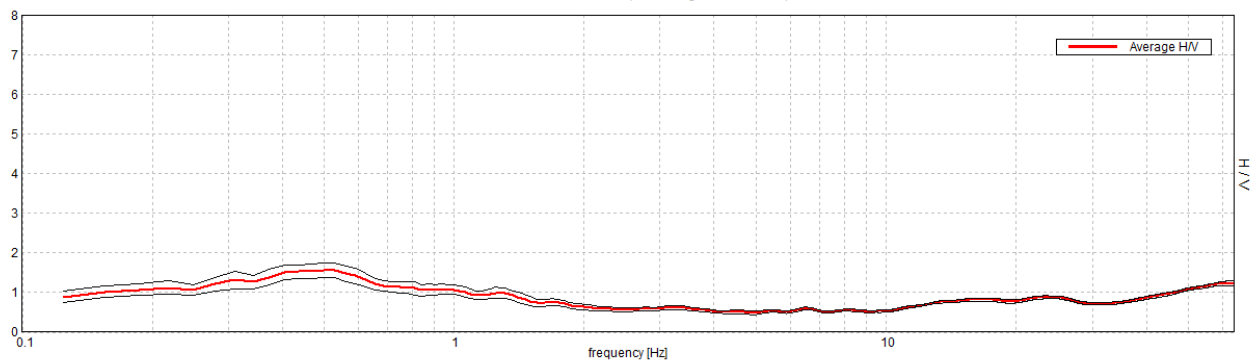
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_24

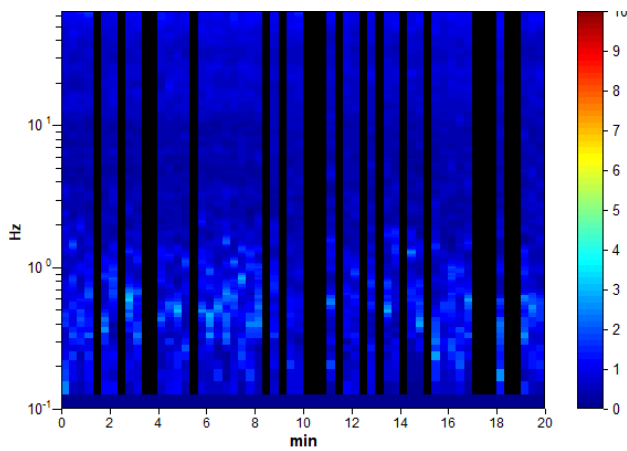
Instrument: TRZ-0144/01-11  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: 51  
 Start recording: 24/10/03 11:13:48 End recording: 24/10/03 11:33:47  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 67% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

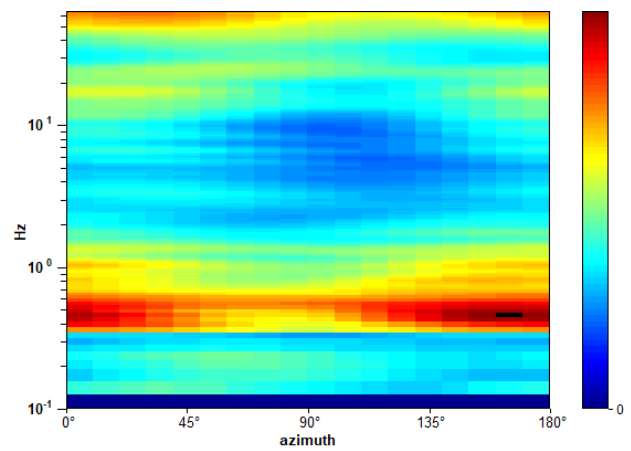
Max. H/V at  $0.5 \pm 0.11$  Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



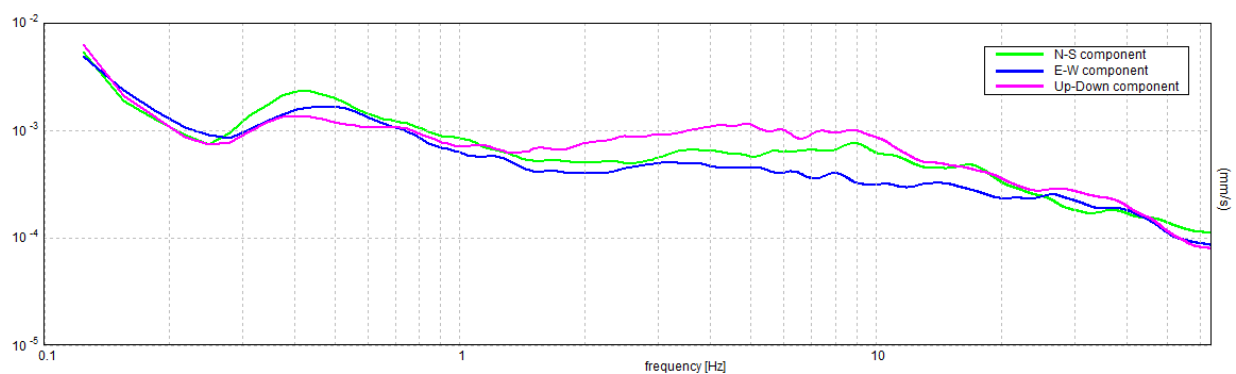
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.5 \pm 0.11$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.50 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$400.0 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 25 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.5 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$1.56 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.21333  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.10666 < 0.075$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1908 < 2.0$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

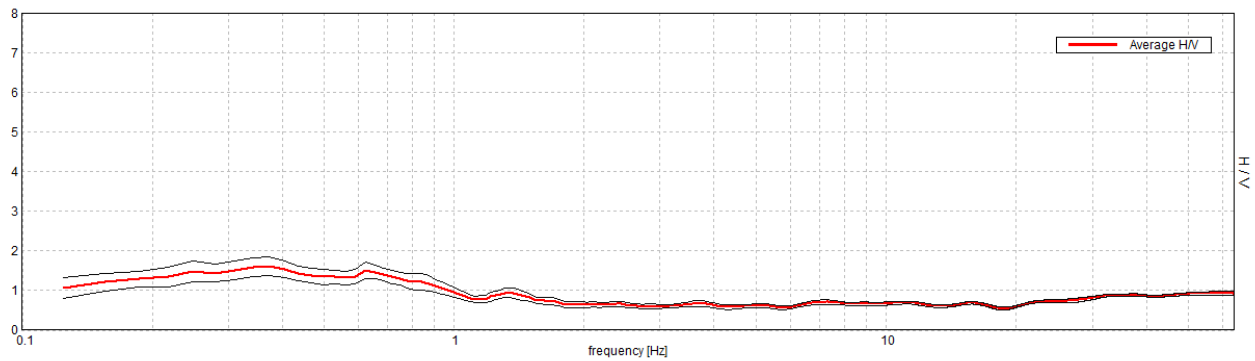
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Piano Arenile\_HV\_25

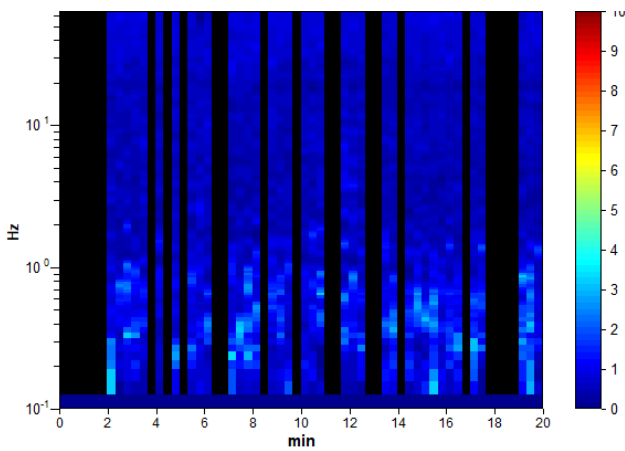
Instrument: TRZ-0144/01-11  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: 51  
 Start recording: 24/10/03 10:41:03      End recording: 24/10/03 11:01:03  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h20'00".      Analyzed 62% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

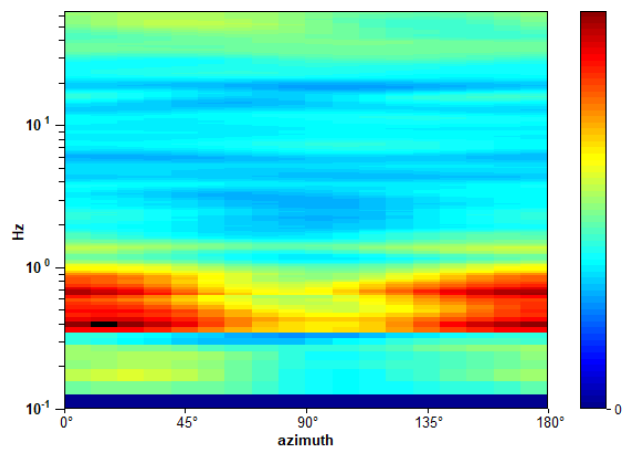
Max. H/V at  $0.38 \pm 0.15$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



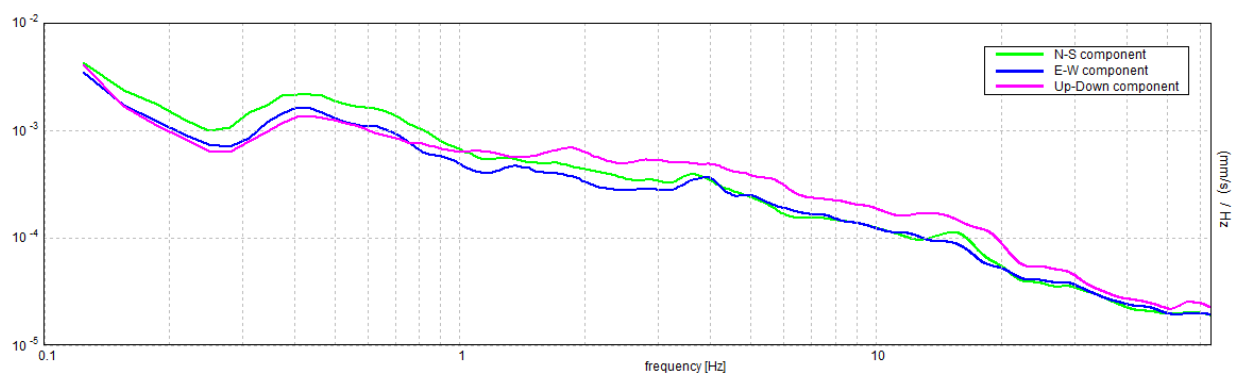
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.38 \pm 0.15$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$277.5 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 19 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.125 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$1.61 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.39015  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.14631 < 0.075$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2389 < 2.5$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

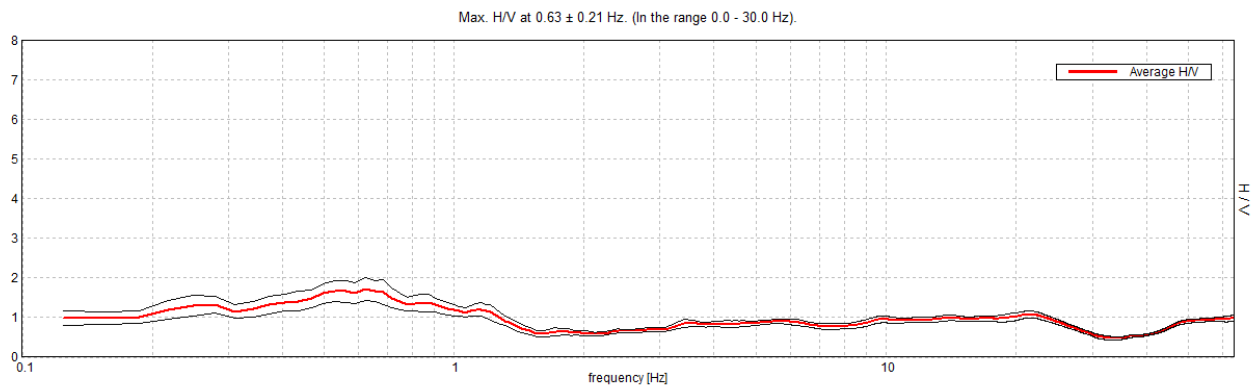
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



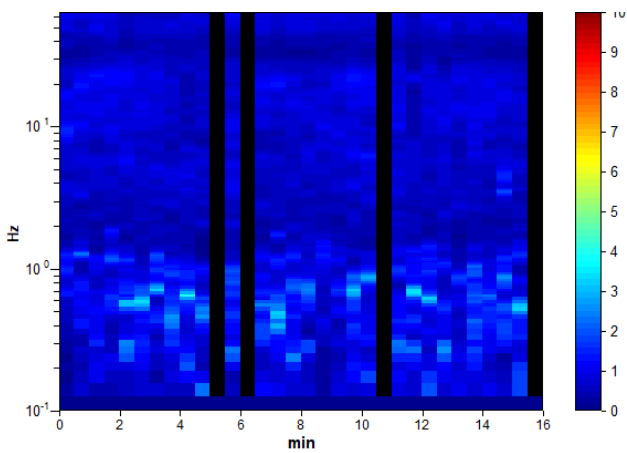
## Piano Arenile\_HV\_26

Instrument: TRZ-0144/01-11  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 24/10/03 08:45:31 End recording: 24/10/18 09:01:31  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h16'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 30 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

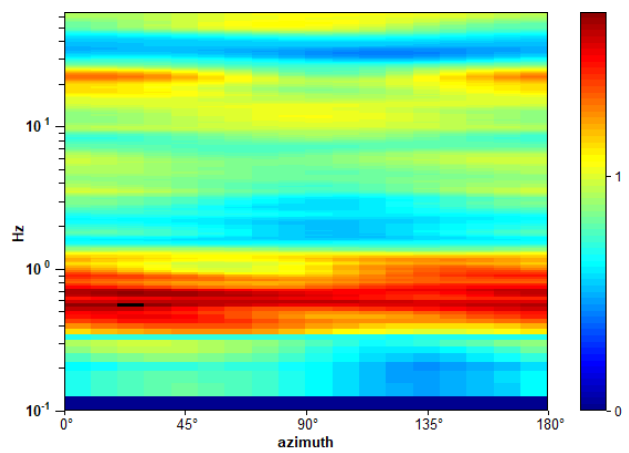
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



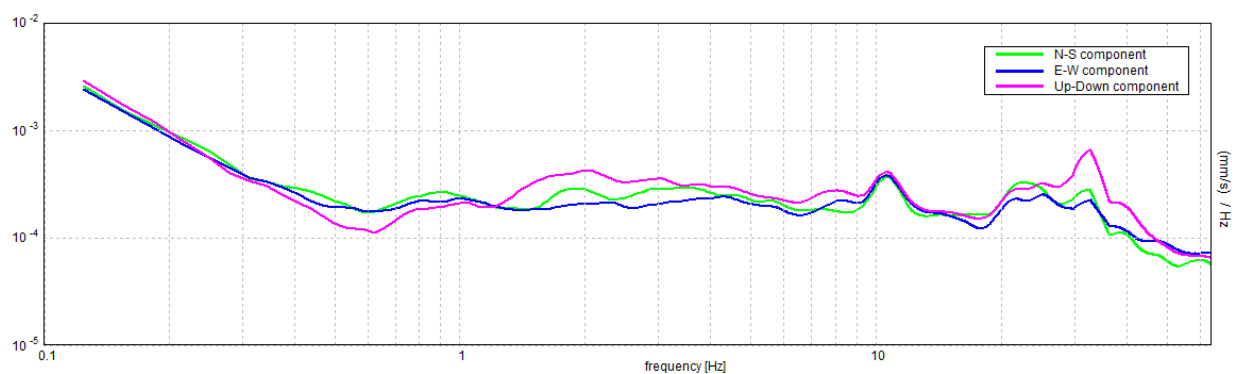
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.63 \pm 0.21$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$525.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.72 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.33541  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.20963 < 0.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2925 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Cantiere: Rimini (RN) - Arenile

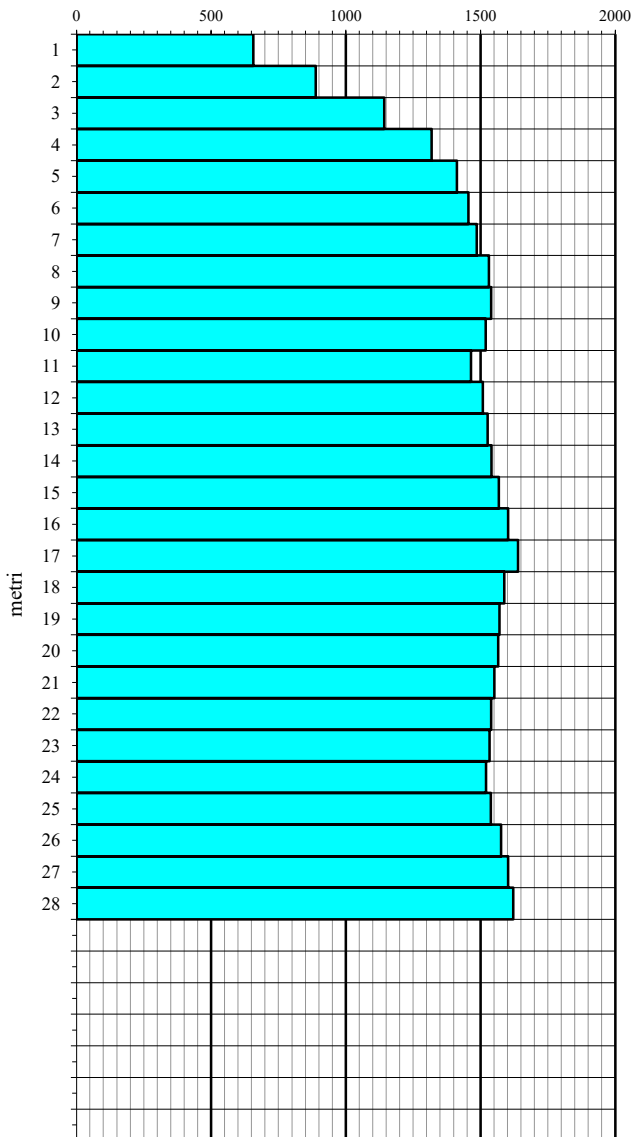
Data: 25/10/2023

SCPTE 1

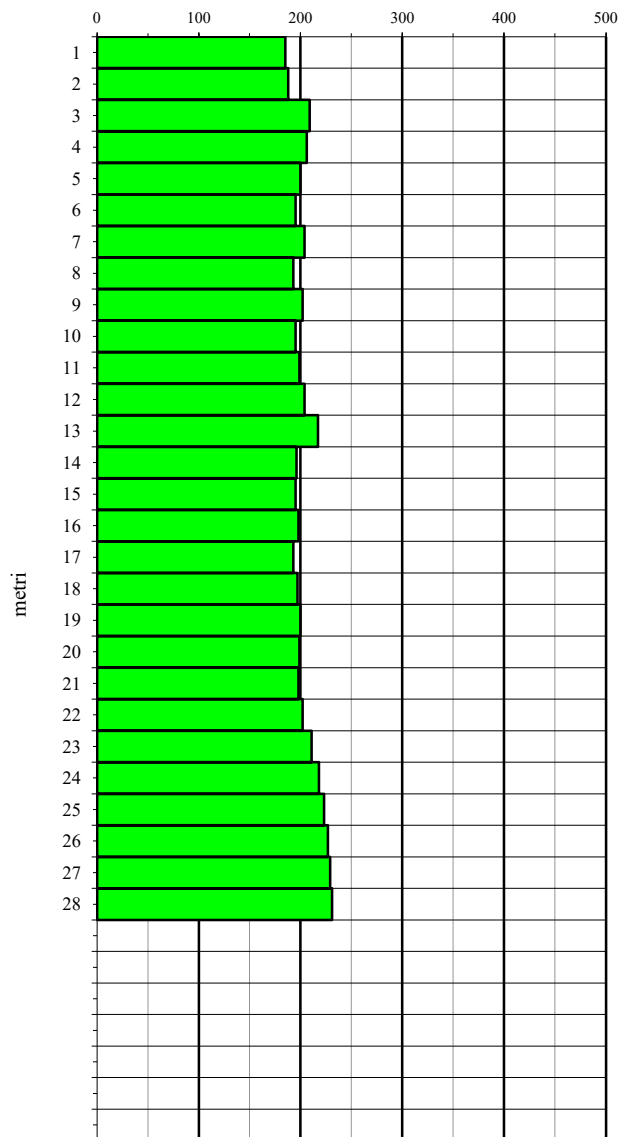
**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici

www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Velocità onde P (m/sec.) - onde di compressione



Velocità onde S (m/sec.) - onde di taglio



30

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} h_i / V_i}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30m superiori.

$V_{S28} =$  **203 m/sec.**



# **ALLEGATO N. 6**

**DATI PLUVIOMETRICI**

**Allegato n. 6****DATI PLUVIOMETRICI****PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA' REGISTRATE AL PLUVIOMETRO DI RIMINI**

	1 Ora	3 Ore	6 Ore	12 Ore	24 Ore
1934	34.8	39.2	47.2	58.6	65.0
1935	12.8	17.6	23.0	41.0	63.6
1936	16.0	22.0	27.4	41.4	59.4
1937	30.8	34.2	42.2	63.6	63.4
1938	42.4	44.6	47.4	52.0	52.8
1939	25.0	36.2	53.0	79.4	101.0
1940	14.0	26.0	42.8	59.6	74.0
1941	24.2	34.8	45.8	57.6	63.8
1942	27.2	60.0	67.8	71.2	90.0
1943	16.6	19.2	25.6	32.4	34.0
1944					
1945					
1946	39.4	42.0	42.6	57.2	75.6
1947	20.0	26.4	30.6	33.8	54.0
1948	19.0	19.0	22.0	22.0	35.6
1949	42.8	49.6	50.0	58.2	62.4
1950	15.0	24.6	25.6	33.0	38.8
1951	23.2	38.8	39.0	43.0	55.4
1952	52.0	53.2	53.2	54.6	58.4
1953	19.6	32.2	33.4	40.8	42.4
1954					
1955	33.0	44.4	53.0	65.4	67.6
1956	13.0	28.6	39.0	59.2	76.2
1957	22.8	32.2	37.6	42.2	42.2
1958	15.0	28.0	30.8	37.4	44.4
1959	33.2	39.4	40.8	47.6	52.8
1960	32.0	44.2	45.6	45.6	45.6
1961	75.0	85.6	98.8	98.8	98.8
1962	21.0	29.0	47.2	73.2	87.6
1963	31.4	34.8	37.2	58.0	58.4
1964	30.0	43.0	52.2	57.0	83.0
1965	22.8	32.8	34.2	36.4	56.4
1966	19.4	33.6	50.0	66.6	87.2
1967	18.0	21.2	22.2	34.8	65.0
1968	30.6	35.0	36.8	42.0	49.4
1969	35.8	57.4	57.4	77.2	83.0
1970	27.0	59.0	70.0	74.2	84.0
1971	17.4	22.6	27.2	32.0	38.8
1972	48.2	59.2	60.0	60.0	60.0
1973	24.0	36.2	37.2	53.4	76.6
1974	30.4	31.6	31.6	36.4	48.6
1975	26.4	33.0	34.0	34.6	40.0
1976	47.8	52.8	57.0	77.8	105.4
1977	22.0	37.4	50.0	68.2	68.2
1978	60.0	111.2	114.4	115.2	128.0
1979	20.8	32.6	42.4	76.4	95.6
1980	14.2	22.6	25.6	40.6	51.0
1981	24.8	34.8	42.0	52.4	66.6
1982	28.0	53.0	63.4	63.4	67.0

1983	13.6	19.8	25.8	27.8	28.4
1984	21.0	28.0	28.6	30.6	40.4
1985	19.6	22.6	24.8	45.6	69.4
1986	26.8	27.2	29.8	36.0	38.2
1987	16.0	28.0	31.2	33.6	39.2
1988	17.2	20.8	25.4	25.6	40.4
1989	41.0	70.0	80.6	92.4	107.2
1990	14.2	23.8	38.0	52.0	55.4
1991	22.4	26.8	32.6	47.6	66.2
1992	21.0	32.4	34.4	46.2	55.6
1993	15.8	31.8	38.2	39.6	39.6
1994	15.4	25.6	40.2	57.2	66.4
1995	21.6	52.8	74.6	77.4	119.8
1996	20.4	46.6	52.0	90.0	138.4
1997	22.0	35.4	55.2	86.8	115.8
1998	22.4	22.4	24.6	33.0	38.6
1999	28.6	31.0	41.6	59.8	74.2
2000	24.0	26.6	27.0	32.6	39.4
2001	19.6	39.8	48.2	88.4	126.2
2002	30.6	45.0	56.4	72.6	78.8
2003	12.4	15.4	22.2	35.4	37.0
2004	18.6	34.0	43.6	43.6	48.0
2005	31.0	55.2	82.2	111.0	125.6
2006	25.0	53.4	74.8	87.2	94.2
2007	22.4	22.8	22.8	24.0	33.2
2008	14.4	21.4	30.8	48.2	65.6
2009	19.8	26.0	44.2	53.4	58.0
2010	21.2	34.4	41.8	60.4	75.4
2011	21.6	22.6	25.6	43.8	56.2
2012	29.4	50.6	53.8	57.0	86.6
2013	59.6	88.4	88.6	91.2	91.2
2014	46.0	52.0	56.6	57.8	60.6
2015	22.8	34.2	41.8	52.4	55.6
2016	37.0	70.8	79.0	79.2	79.2

dati di pioggia da Annali Idrologici A.R.P.A. s.m.r. per la stazione di Rimini Urbana

**PRECIPITAZIONI DI NOTEVOLE INTENSITA' E BREVE DURATA REGISTRATE AL PLUVIOMETRO DI RIMINI**

	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	40 min	45 min
1934		10.2					
1935							
1936							
1937		13.8			22.6		
1938		11.0			21.2		
1939		15.2			16.6	23.6	
1940	12.0						
1941					20.0		
1942		11.1			23.0		
1943					15.0		
1944							
1945							
1946					20.0		
1947					14.4		
1948					19.0		
1949		17.4			34.8		
1950					13.8		
1951				14.0	19.6		
1952		13.1	17.4	14.2	26.1		52.2
1953	10.0	12.0	16.0		16.0		
1954							
1955			12.0		21.0		32.0
1956							
1957		14.2	21.4		21.4		
1958							
1959			20.6		20.6		
1960			11.0		28.0		
1961		11.4	14.0		63.0		
1962			20.4				
1963			15.2		16.6	25.0	
1964		10.2	20.4		18.0		
1965		17.4			17.4		
1966		12.0	11.6				
1967		12.8	14.0		14.0		
1968			19.0				26.0
1969			10.0	12.8	12.8		
1970							
1971							
1972							48.2
1973					20.2		
1974	13.5						
1975		12.4				26.4	
1976					38.0		
1977					13.0		
1978					45.0		
1979					16.8		
1980			12.0				
1981					24.8		
1982			15.0				
1983					13.0		
1984					16.4		
1985					16.0		



1986					25.8	
1987				13.0		
1988				12.0		
1989				29.0		
1990		7.2		9.6		
1991		9.8		15.0		
1992		12.8		15.2		
1993		9.2		10.4		
1994		8.6		11.6		
1995		8.8		14.2		
1996		12.2		15.0		
1997		10.4		20.2		
1998		10.6				
1999		10.6		16.2		
2000		13.2		17.6		
2001		11.6		14.0		
2002		15.0		23.6		
2003		7.0		7.0		
2004		7.8		15.2		
2005		10.0		18.0		31.0
2006		14.4		20.4		
2007		20.0				
2008		8.2		14.2		
2009		12.4		18.4		
2010		12.8		16.0		20.8
2011		15.8		19.2		21.6
2012		13.6		18.8		24.4
2013		21.0		39.8		52.4
2014		22.4		39.0		43.0
2015		16.4		18.0		21.8
2016		18.6		28.0		34.6

dati di pioggia da Annali Idrologici A.R.P.A. s.m.r. per la stazione di Rimini Urbana